

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

H04N 5/235

H04N 5/232

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02102028.0

[43]公开日 2002 年 8 月 28 日

[11]公开号 CN 1366423A

[22] 申请日 2002.1.17 [21] 申请号 02102028.0

### [30] 优先权

[32]2001.1.17 [33]JP[31]009474/2001

[71] 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 白川雄资

**[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所**

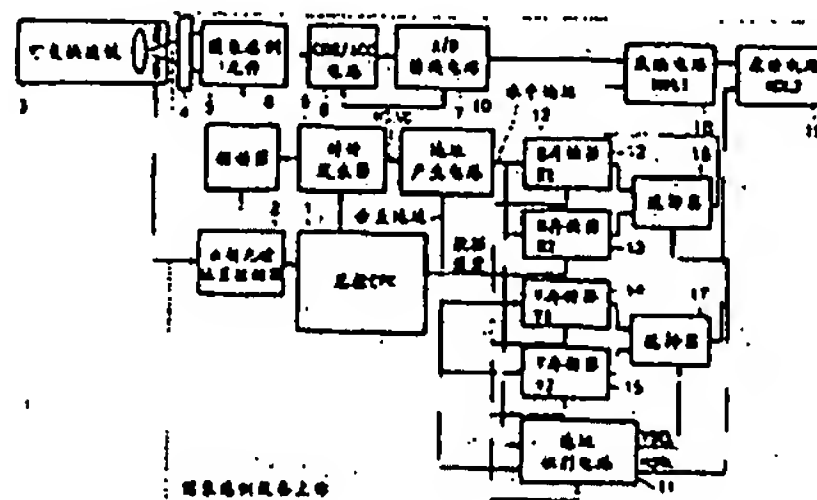
代理人 李德山

权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图页数 12 页

[54]发明名称 图象感测设备、遮蔽校正方法、程序以及存储介质

**[57]摘要**

本发明的目的在于消除图象感测元件平面上的灵敏度不均匀性而与透镜的交换无关。为实现此目的,在一种包括图象感测元件并且可以交换透镜的图象感测设备中,存储器将与图象感测元件平面上的二维矩阵象素分别对应的遮蔽校正系数加以存储,并且校正装置通过从存储在存储器的遮蔽校正系数中提取出与对应象素关联的遮蔽校正系数,对从图象感测元件的各象素读出的象素数据进行校正计算。



ISSN 1008-4274

下面参照附图说明本发明的优选实施例。

图 1 表示根据本发明实施例的图象感测设备（数字静态相机）的结构方框图。该图象感测设备可以变换透镜。

参照图 1，数标 1 表示总控 CPU，用于控制整个相机；数标 2 表示出射光瞳位置探测器；数标 3 表示可交换透镜。可交换透镜 3 包括出射光瞳位置信息，探测器 2 探测包含在可交换透镜 3 中的出射光瞳位置信息，通过校正探测值而产生编码信息，并且将所产生信息输出至 CPU 1。

出射光瞳位置信息用于计算遮蔽校正系数，后面将详细说明。在计算之前，根据可交换透镜 3 的变焦位置、聚焦位置、图象高度和孔径值的至少一个对出射光瞳位置信息进行校正。更具体地说，出射光瞳位置一般由透镜与图象感测元件之间的光轴上距离表示，并且随着变焦或聚焦位置的改变而同步改变。同样已经知道，当图象高度（在图象感测元件平面上关注象素的位置与光轴上点之间的距离）改变时出射光瞳位置会稍微改变。另外，当孔径值改变时，照射在图象感测元件的关注象素上光束的入射角范围会改变。由于这些改变在计算遮蔽校正系数时以误差形式出现，所以根据可交换透镜 3 的变焦位置、聚焦位置、图象高度和孔径值的至少一个对出射光瞳位置信息进行校正，以获得精确的遮蔽校正。

数标 4 表示多层型反射式红外截止滤光片；数标 5 表示图象感测元件。图象感测元件 5 包括例如电荷转移元件例如 CCD 等。物体图象通过可交换透镜 3 形成在图象感测元件 5 上，然后图象感测元件 5 对各个象素依次读出作为成象结果积聚的电荷，并且将其输出至 CDS/AGC 电路 6 上。CDS/AGC 电路 6 抑制在图象感测元件 5 中产生的噪声成分例如重置噪声等，然后将电荷信号放大至适当的水平，并将这些信号输出至 A/D 转换电路 7。A/D 转换电路 7 将对应于上述电荷量的物体亮度数据转换成数字数据。由于用以产生颜色信号（例如 R、G 和 B 信号）的光学滤色器粘结在图象感测元件 5 上，所以从图象感测元件 5 的输出信号依次表示相应颜色。

数标 8 表示一个驱动器，用于向图象感测元件 5 的各个元件提供其上

积聚电荷所需的电能。更具体地说，驱动器 8 通过根据从时钟发生器 9 发出的定时信号对图象感测元件 5 进行二维扫描来提供电能。

时钟发生器 9 向地址产生电路 10 提供水平同步信号 HD 和垂直同步信号 VD，而地址产生电路 10 根据这些同步信号产生地址信号。

数标 12 至 15 表示用于存储进行图象感测元件 5（后面将加以说明）的灵敏度校正（遮蔽校正）所需校正数据的存储器：数标 12 表示用于存储第一水平校正数据的 H 存储器 H1；数标 13 表示用于存储第二水平校正数据的 H 存储器 H2；数标 14 表示用于存储第一垂直校正数据的 V 存储器 V1；以及数标 15 表示用于存储第二垂直校正数据的 V 存储器 V2。

地址识别电路 11 根据从地址产生电路 10 输出的地址信号将既定的信号 HSEL 和 VSEL 加以输出。

数标 16 和 17 表示选择器，用于根据从地址识别电路 11 发出的既定信号 HSEL 和 VSEL 来从存储器 12 至 15 发出的输出信号中进行选择，并输出水平和垂直校正数据。

数标 18 表示乘法电路 MUL1，用于将从 A/D 转换电路 7 输出的各像素输出电平乘以经由选择器 16 获得的水平校正数据。数标 19 表示乘法电路 MUL2，用于将来自乘法电路（MUL1）18 的输出乘以经由选择器 17 获得的垂直校正数据。

已经经过灵敏度校正（遮蔽校正）而从乘法电路（MUL2）19 输出的像素数据一般传送至处理电路（未画出），然后经过暗电平(dark level)校正、 $\gamma$ 转换和颜色插值处理。处理结果存储在一个存储器（未画出）中。

图 2A 至 2D 表示颜色插值处理。图 2A 表示图象感测元件 5 的像素矩阵，图 2B 表示 G（绿色）插值滤色器，图 2C 表示 R（红色）/B（蓝色）插值滤色器，图 2D 表示插值处理之后的像素矩阵。用在图象感测元件中的滤色器矩阵为通常的 Bayer 矩阵，包括一个用于 G 的交错矩阵，如图 2B 所示，和一个用于 R/B 的直线序列矩阵，如图 2C 所示。

在单片式图象感测元件的情况下，由于不是所有像素都具有 RGB 信息，所以通常通过利用图 2B 和 2C 所示的  $3 \times 3$  矩阵进行插值操作在图象感测元件上的所有像素点处产生 RGB 颜色信息。下面详细说明该处理。

例如，为了产生图 2A 中所示像素 a 的 G 插值信号，将以虚线 a1 为界的像素 a 及其八个周围像素的数据乘以 G 插值滤色器系数，并将其乘积累加。在图 2B 所示的 G 插值滤色器中，与虚线 a1 内 G（绿色）像素相对应的系数在像素 a 位置处为“1”，并且在四个角落的像素位置处为“0”。因此，像素 a 的数据直接成为 G 插值信号。

另一方面，例如，为了产生图 2A 所示像素 b 的 G 插值信号，将以虚线 b1 为界的像素 b 及其八个周围像素的输出电平数据乘以 G 插值滤色器系数，并将其乘积累加。在此情况下，在图 2B 所示的 G 插值滤色器中，与虚线 b1 内 G（绿色）像素相对应的系数在像素 b 的上、下、左和右相邻位置处为 0.25。因此，像素 b 的 G 插值信号为将所述上、下、左和右相邻位置处系数相乘之后将其乘积累加所得的值。换句话说，在此情况下的 G 插值信号为所述上、下、左和右相邻位置处亮度数据的平均值。

以同样方法，采用与 G 插值滤色器具有不同系数的 R/B 插值滤色器来确定对于所有 R（红色）/B（蓝色）像素的 R/B 插值信号。

以此方式，最后产生对于所有像素的 R、G 和 B 插值信号，如图 2D 所示。

下面参照图 3A 和 3B 以及图 4A 至 4C 说明在图 1 所示图象感测设备中执行的灵敏度校正（遮蔽校正）处理。

图 3A 和 3B 表示遮蔽校正系数，用于校正由于透镜和图象感测元件装置结构组合产生的遮蔽。

更具体地说，当出射光瞳位置相当靠近于图象感测元件，并且在图象感测元件的外围部分上灵敏度大幅下降时，将来自图象感测元件的输出信号放大以增大较大图象高度位置处（图象感测元件的外围部分）的遮蔽校正系数，如图 3A 所示。另一方面，当出射光瞳较远并且在图象感测元件的外围部分上灵敏度下降不太大时，将来自图象感测元件的输出信号稍微放大以稍微增大较大图象高度位置处（图象感测元件的外围部分）的遮蔽校正系数，如图 3B 所示。更具体地说，图 1 中所示的出射光瞳位置探测器 2 读取可交换透镜 3 中的出射光瞳位置信息，根据变焦位置或聚焦位置等对其进行校正，并且将所校正信息传送至总控 CPU1，总控



CPU1 根据已校正的出射光瞳位置信息计算出遮蔽校正系数。

如果遮蔽校正系数严格对应于图象高度加以确定，则其必须设定成以图象感测元件为中心的同心模式，从而使得硬件加工困难。因此，在此实施例中，设定图 4A 至 4C 中所示的遮蔽校正系数。

图 4A 至 4C 表示该实施例中的遮蔽校正系数。图 4A 表示图象感测元件的平面，图 4B 表示遮蔽校正系数的水平分量，图 4C 表示遮蔽校正系数的垂直分量。

更具体地说，将遮蔽校正系数设定为增大沿水平方向具有较低灵敏度的图象感测元件左右外围部分的灵敏度，并且将遮蔽校正系数设定为增大沿垂直方向具有较低灵敏度的图象感测元件上下外围部分的灵敏度，使得当水平和垂直遮蔽校正系数分量在图象平面上彼此相乘时，可以产生假同心校正。如果灵敏度相对于图象感测元件入射光的入射角充分地缓慢地改变，则该假同心校正与同心校正相比可以充分确保令人满意的精度，其灵敏度的改变较小，如图 6 中所示（后面将加以说明）。

下面参照图 5 至 7 说明将遮蔽校正系数分成图象感测元件上水平和垂直分量的方法。

图 5 表示从透镜至图象感测元件的光路。参照图 5，数标 20 表示透镜；数标 23 表示光阑。 $\theta$  表示光束的入射角， $d$  表示入射在图象感测元件 5 上的光束至光轴中心的距离，即图象高度，以及  $p$  表示透镜 20 与图象感测元件 5 之间在光轴上的距离，即出射光瞳位置。

图 6 表示相对于入射角  $\theta$  的灵敏度曲线，图 7 表示图象感测元件 5 的平面上图象高度  $d$  的 X-和 Y-分量。

假设相对于图象高度  $d$ （入射角  $\theta$ ）的灵敏度如图 6 中所示，并且如果  $y$  表示灵敏度且  $\theta$  表示入射角，则遮蔽特性可以近似为如下函数：

$$y = A \tan^2 \theta + B \tan \theta + C \quad \dots(1)$$

$$\tan \theta = d/p \quad \dots(2)$$

其中  $A$ 、 $B$  和  $C$  为常数， $d$  和  $p$  如上所述分别为图象高度和出射光瞳位置（距离）。

如图 7 所示，当具有与 X 轴形成角度  $\theta'$  的斜率的图象高度  $d$  被分成图

象感测元件 5 平面上的 X-和 Y-分量  $d\cos\theta'$  和  $d\sin\theta'$  时, 可以获得类似于方程(2)的下述方程:

$$\tan\theta_x = (d\cos\theta')/p \quad \dots(3)$$

$$\tan\theta_y = (d\sin\theta')/p \quad \dots(4)$$

其中  $\theta_x$  和  $\theta_y$  为入射角  $\theta$  在图象感测元件 5 的平面上的 X-和 Y-分量。

如果采用该  $\tan\theta_x$  和  $\tan\theta_y$ , 则灵敏度  $y$  可以表示为:

$$y = (A\tan^2\theta_x + B\tan\theta_x + C)(A\tan^2\theta_y + B\tan\theta_y + C) \quad \dots(5)$$

此方程(5)与方程(1)精确相符。

参照上述方程(5), 将水平和垂直校正公式设为:

$$(A\tan^2\theta_x + B\tan\theta_x + C)^{-1} \quad \dots(6)$$

$$(A\tan^2\theta_y + B\tan\theta_y + C)^{-1} \quad \dots(7)$$

将来自图象感测元件相应象素的输出数据乘以校正公式(6)和(7), 计算出水平遮蔽校正数据  $H(i)$  和垂直遮蔽校正数据  $V(j)$ 。

根据校正公式(6)和(7)对于各象素计算出水平和垂直遮蔽校正系数, 并且图 1 中所示总控 CPU1 将这些系数存储在与 H 存储器(H1)12 和 V 存储器(V1)14 中各象素位置相对应的地址位置中。

以此方式, 对于一帧图象感测元件 5 的输出采用一次水平和垂直遮蔽校正系数, 对由透镜 20 与微透镜 21 之间光学关系导致产生的遮蔽进行校正, 而不管滤色器的性能等等。也就是说, 在图 1 所示的结构中, 乘法电路 (MUL1) 18 用于将从 A/D 转换电路 7 输出的各象素输出数据乘以与象素位置对应的水平遮蔽校正数据, 以进行水平校正, 乘法电路 (MUL2) 19 将来自乘法电路 18 的输出乘以与象素位置对应的垂直遮蔽校正数据, 从而实现对于一帧图象感测元件 5 的输出的遮蔽校正。

如上所述, 在透镜可交换图象感测设备中, 透镜存储有出射光瞳位置信息, 图象感测设备主体利用照相时透镜的出射光瞳位置信息计算遮蔽校正系数来进行遮蔽校正。以此方式, 即使当透镜被交换时, 也可以令人满意地进行遮蔽校正。

由于由透镜与图象感测元件装置结构组合产生的遮蔽依赖于入射在图象感测元件上的光束的入射角, 所以如果在图象感测元件的关注象素位

置处探测出照射在该象素上入射光束的入射角，则可以计算出遮蔽校正量。也就是说，如果可以获得关注象素处的图象高度和透镜的出射光瞳位置，则可以计算出入射角，从而可以计算出遮蔽校正量。此时，若可交换透镜存储有出射光瞳位置信息，并且由图象感测设备主体计算出图象高度，则可以精确地校正由透镜的光学特性和图象感测元件的特定组合所导致的遮蔽，而与可交换透镜和图象感测设备主体的组合无关。

根据所述变焦位置、聚焦位置、图象高度和孔径值的至少一个对透镜的出射光瞳位置信息进行校正，将其用于计算遮蔽校正系数。因此可以提高遮蔽校正精度。

下面说明用于防止依赖于图象感测元件 5 的器件结构和透镜 20（可交换透镜 3）的光学条件所产生的颜色遮蔽的方法。

若图象感测元件 5 之前采用多层型反射式红外截止滤光片 4，如图 5 所示，并且图象感测元件 5 包括图 12B 中所示的 RGB 基色 Bayer 滤色器，则由于对图 12A 中所示红外截止滤光片光谱传输特性的入射角的依赖，具有红色滤色器的象素的灵敏度极大地依赖于入射角。为此原因，仅在红色通道中产生了相当大的遮蔽，如图 12C 所示，而其他通道中产生的遮蔽与红色通道相比可以忽略。

由红外截止滤光片 4 和可交换透镜 3 的光学组合所产生的这种颜色遮蔽随着红外截止滤光片 4 外围部分入射光的入射角的增大而变得更加显著，因为可交换透镜 3 的出射光瞳位置更加靠近图象感测元件 5。

图 8A 至 8E 表示 RGB Bayer 滤色器矩阵以及对应于该矩阵的遮蔽校正系数。图 8A 表示 RGB Bayer 滤色器矩阵，图 8B 表示与 RGB Bayer 滤色器第一行对应的遮蔽校正系数  $H1(i)$  和  $H2(i)$ ，图 8C 表示与 RGB Bayer 滤色器第二行对应的遮蔽校正系数  $H1(i)$  和  $H2(i)$ ，图 8D 表示与 RGB Bayer 滤色器第一列对应的遮蔽校正系数  $V1(j)$  和  $V2(j)$ ，以及图 8E 表示与 RGB Bayer 滤色器第二列对应的遮蔽校正系数  $V1(j)$  和  $V2(j)$ 。

由于 RGB 基色 Bayer 滤色器具有如图 8A 所示的矩阵，所以 G 和 R 交替出现在例如第一水平线（第一行）中，位于从左端数每个奇数位置处的象素（G）的输出灵敏度不同于位于每个偶数位置处的象素（R）的



输出灵敏度。也就是说，具有 R 滤色器的各像素的输出大幅度低于外围部分具有 G 滤色器的像素的输出。为此原因，设定了图 8B 中所示的遮蔽校正系数  $H1(i)$  和  $H2(i)$ 。将遮蔽校正系数  $H1(i)$  应用于具有 R 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 H 存储器 (H1) 12 中。另一方面，将遮蔽校正系数  $H2(i)$  应用于具有 G 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 H 存储器 (H2) 13 中。

由于 B 和 G 交替出现在 RGB 基色 Bayer 滤色器第二水平线（第二行）中，所以位于从左端数每个奇数位置处的像素（B）的输出灵敏度与位于每个偶数位置处的像素（G）的输出灵敏度近似相同。为此原因，设定了图 8C 中所示的相同遮蔽校正系数  $H1(i)$  和  $H2(i)$ 。将遮蔽校正系数  $H1(i)$  应用于具有 B 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 H 存储器 (H1) 12 中。另一方面，将遮蔽校正系数  $H2(i)$  应用于具有 G 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 H 存储器 (H2) 13 中。

在 RGB 基色 Bayer 滤色器的第一垂直线（第一列）中，由于 G 和 B 交替出现，所以位于从上端数每个奇数位置处的像素（G）的输出灵敏度与位于每个偶数位置处的像素（B）的输出灵敏度近似相同。为此原因，设定了图 8D 中所示的相同遮蔽校正系数  $V1(j)$  和  $V2(j)$ 。将遮蔽校正系数  $V1(j)$  应用于具有 G 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 V 存储器 (V1) 14 中。另一方面，将遮蔽校正系数  $V2(j)$  应用于具有 B 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 V 存储器 (V2) 15 中。

另一方面，由于 R 和 G 交替出现在 RGB 基色 Bayer 滤色器的第二垂直线（第二列）中，所以位于从上端数每个奇数位置处的像素（R）的输出灵敏度不同于位于每个偶数位置处的像素（G）的输出灵敏度。也就是说，具有 R 滤色器的各像素的输出大幅度低于外围部分具有 G 滤色器的像素的输出。为此原因，设定了图 8E 中所示的遮蔽校正系数  $V1(j)$  和  $V2(j)$ 。将遮蔽校正系数  $V1(j)$  应用于具有 R 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 V 存储器 (V1) 14 中。另一方面，将遮蔽校正系数  $V2(j)$  应用于具有 G 滤色器的像素的输出，并且存储在图 1 的 V 存储器 (V2) 15 中。



一  
四

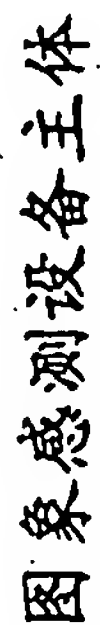


图 4A

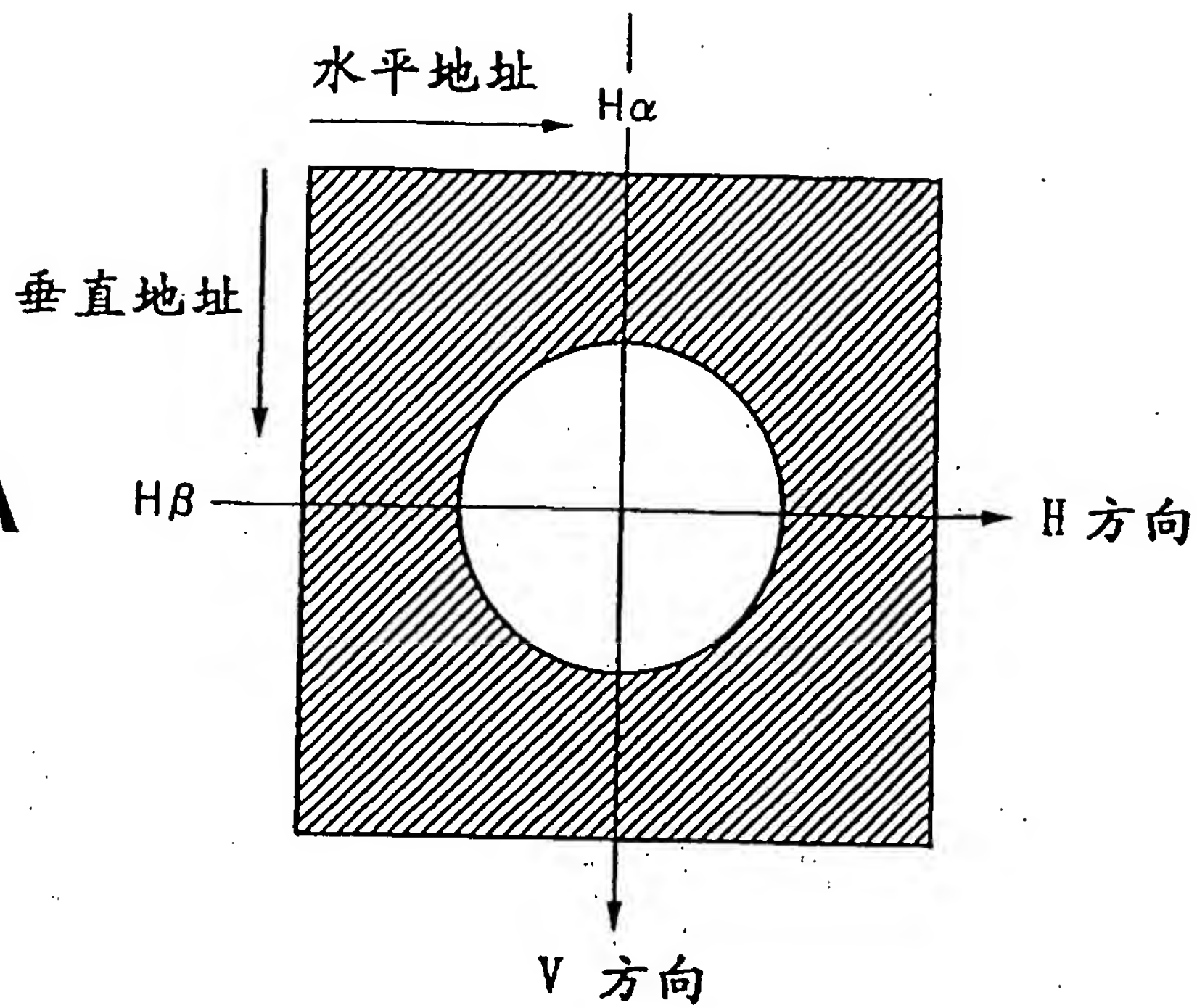


图 4B

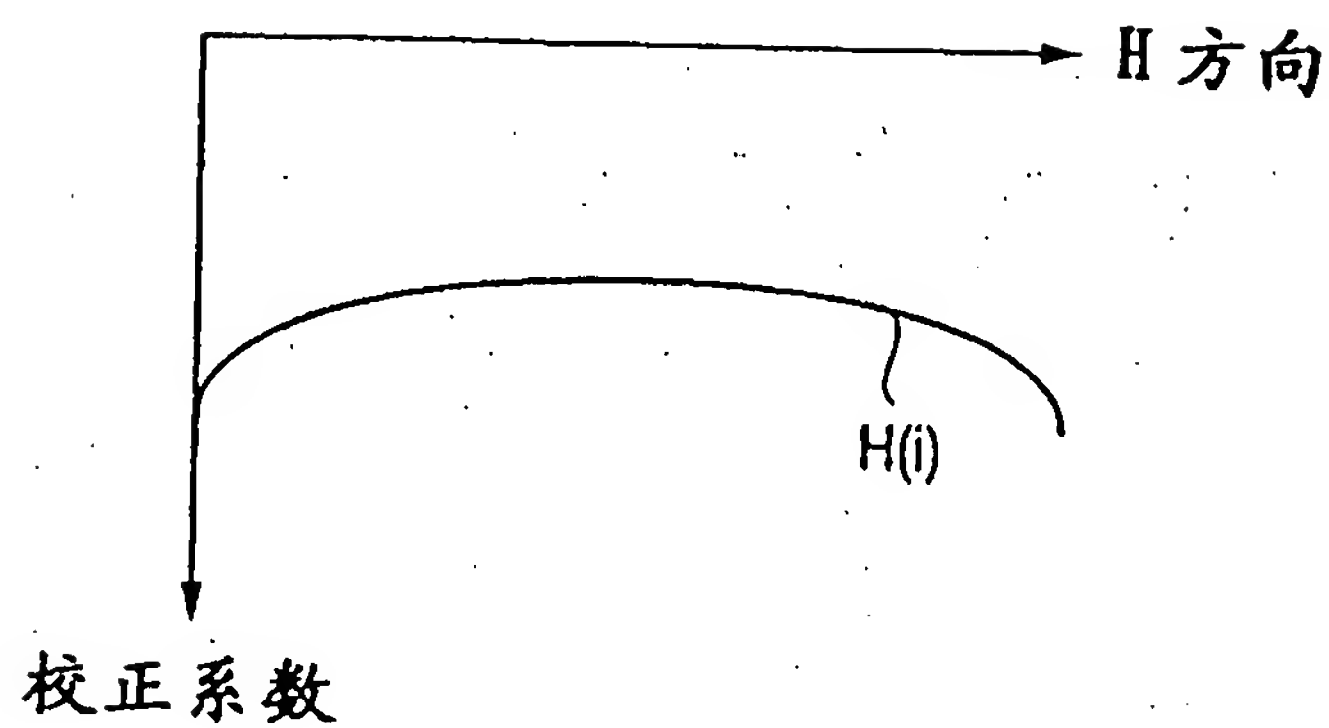


图 4C

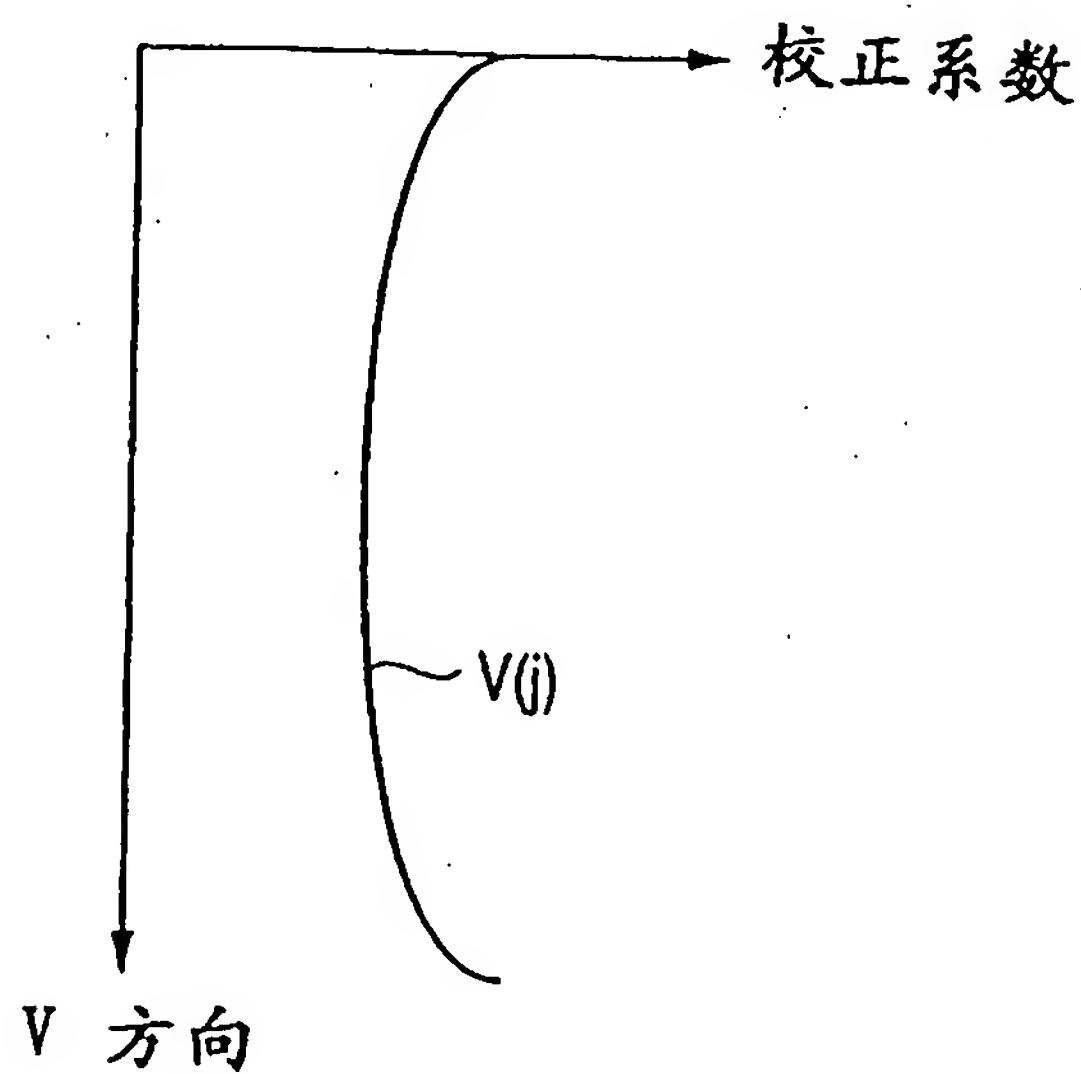
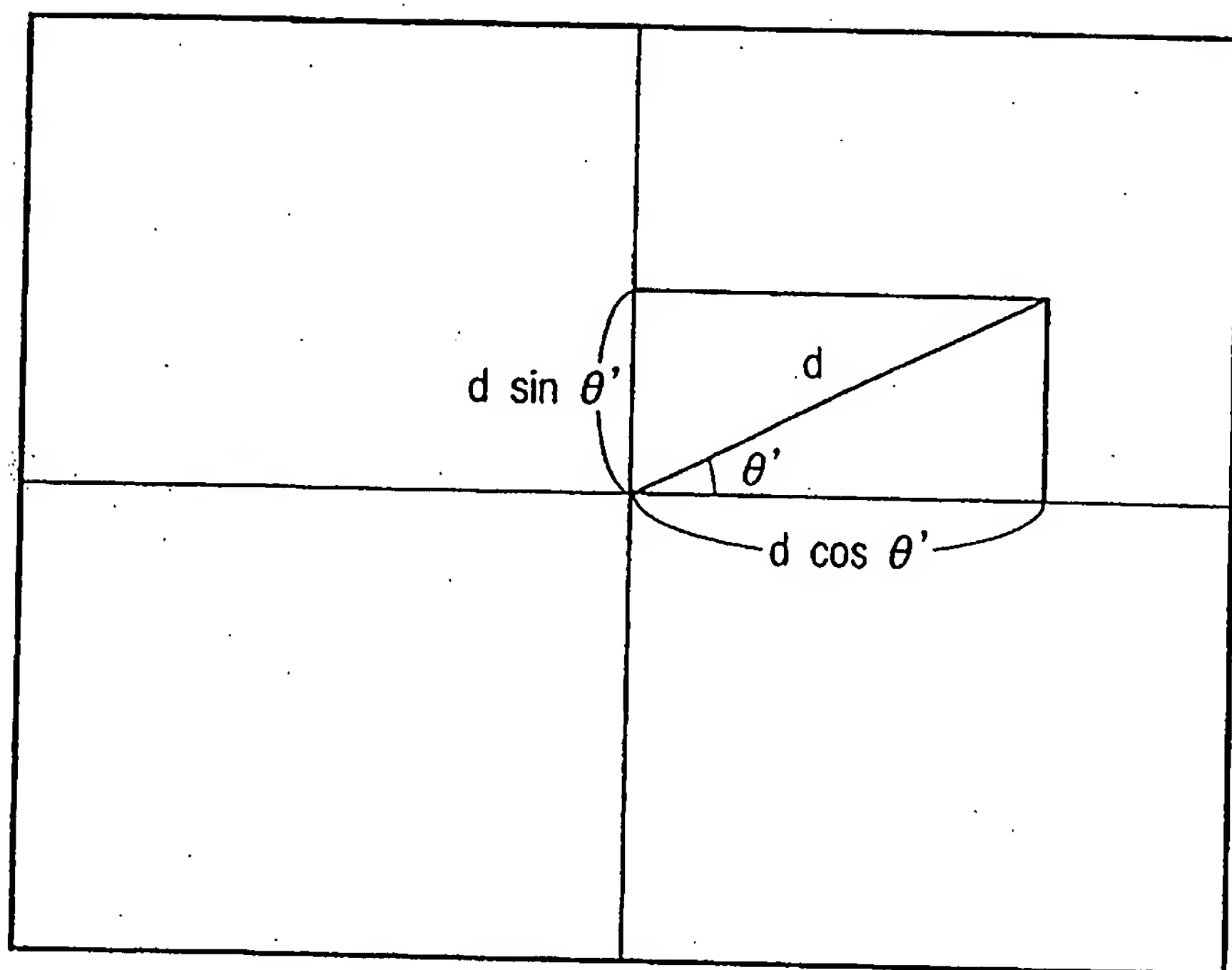


图 7





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-218298  
(P2002-218298A)

(43)公開日 平成14年8月2日(2002.8.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 4 N 5/225  
// H 0 4 N 101:00

識別記号

FI  
H04N 5/225  
101:00

テマート\*(参考)  
F 5C022

審査請求 未請求 請求項の数26 O.L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2001-9474(P2001-9474)

(22)出題日 平成13年1月17日(2001.1.17)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 白川 雄資

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人 100081880

井理士 渡部 敏彦

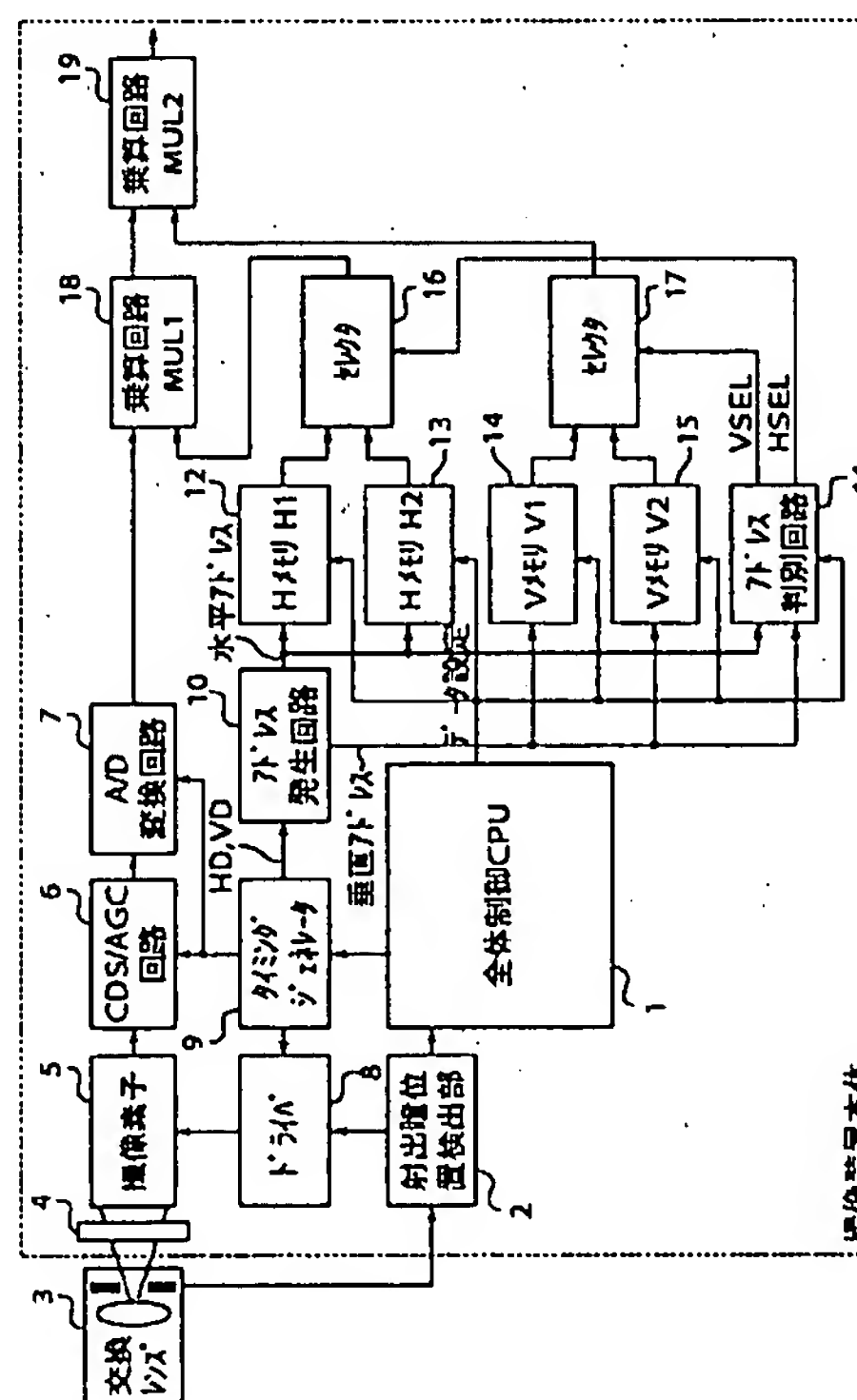
Fターム(参考) 5C022 AA13 AB12 AB21 AB51 AC42  
AC54 AC69

(54)【発明の名称】 撮像装置、シェーディング補正方法、及び記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 撮影レンズが交換可能な撮像装置において、撮影レンズの交換に関わりなく撮像素子平面上の感度不均一性を解消するようにする。

【解決手段】 撮像素子 5 を備えるとともに、撮像レンズ 3 が交換可能である撮像装置において、メモリ 12 ～ 15 が、前記撮像素子 5 の平面上に 2 次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶し、補正手段（10、16、17、18、19）が、前記撮像素子 5 の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記メモリ 12 ～ 15 に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して乗算補正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置において、前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶する記憶手段と、

前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正手段とを有することを特徴とする撮像装置。

【請求項2】 撮像レンズ内に備えられた射出瞳位置情報を取り出す取出手段と、

前記取出手段により取り出された射出瞳位置情報に基づきシェーディング補正係数を算出し、前記記憶手段に送る算出手段とを更に有することを特徴とする請求項1記載の撮像装置。

【請求項3】 前記算出手段は、前記シェーディング補正係数を、前記取出手段により取り出された射出瞳位置情報と対象画像の像高とに基づき算出することを特徴とする請求項2記載の撮像装置。

【請求項4】 前記取出手段により取り出された前記射出瞳位置情報を、前記撮像レンズのズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正し、前記算出手段に送る修正手段を更に有することを特徴とする請求項3記載の撮像装置。

【請求項5】 前記射出瞳位置情報は、前記撮像レンズと前記撮像素子との光軸上の距離を表す情報であることを特徴とする請求項3または請求項4記載の撮像装置。

【請求項6】 前記像高は、前記撮像素子の平面上において対象画素の位置と光軸上の点との距離であることを特徴とする請求項3乃至請求項5のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項7】 前記記憶手段は、前記シェーディング補正係数を、前記撮像素子の平面上で互いに直角な2方向の成分に分けて記憶することを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項8】 前記補正手段は、前記輝度データに対して前記シェーディング補正係数を乗算補正することを特徴とする請求項7記載の撮像装置。

【請求項9】 前記補正手段は、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から、対応画素の前記2方向の各アドレスに応じて2つのシェーディング補正係数を抽出し、前記対応画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記抽出された2つのシェーディング補正係数を順次乗算補正することを特徴とする請求項8記載の撮像装置。

【請求項10】 特定波長領域を透過させない色フィルタが、前記撮像レンズと前記撮像素子との間に設けられている場合には、前記記憶手段は、前記色フィルタによ

って影響を受ける画素と、受けない画素とに分けて対応シェーディング補正係数を記憶することを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の撮像装置。

【請求項11】 撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置に適用されるシェーディング補正方法において、

前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶手段に記憶する記憶ステップと、

10 前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正ステップとを有することを特徴とするシェーディング補正方法。

【請求項12】 撮像レンズ内に備えられた射出瞳位置情報を取り出す取出ステップと、

前記取出ステップにより取り出された射出瞳位置情報に基づきシェーディング補正係数を算出し、前記記憶手段に送る算出ステップとを更に有することを特徴とする請求項11記載のシェーディング補正方法。

【請求項13】 前記算出ステップは、前記シェーディング補正係数を、前記取出手段により取り出された射出瞳位置情報と対象画像の像高とに基づき算出することを特徴とする請求項12記載のシェーディング補正方法。

【請求項14】 前記取出ステップにより取り出された前記射出瞳位置情報を、前記撮像レンズのズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正し、前記算出ステップによる前記算出に供する修正ステップを更に有することを特徴とする請求項13記載のシェーディング補正方法。

【請求項15】 前記記憶ステップは、前記シェーディング補正係数を、前記撮像素子の平面上で互いに直角な2方向の成分に分けて前記記憶手段に記憶することを特徴とする請求項11乃至請求項14のいずれかに記載のシェーディング補正方法。

【請求項16】 前記補正ステップは、前記輝度データに対して前記シェーディング補正係数を乗算補正することを特徴とする請求項15記載のシェーディング補正方法。

40 【請求項17】 前記補正ステップは、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から、対応画素の前記2方向の各アドレスに応じて2つのシェーディング補正係数を抽出し、前記対応画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記抽出された2つのシェーディング補正係数を順次乗算補正することを特徴とする請求項16記載のシェーディング補正方法。

50 【請求項18】 特定波長領域を透過させない色フィルタが、前記撮像レンズと前記撮像素子との間に設けられている場合には、前記記憶ステップは、前記色フィルタによって影響を受ける画素と、受けない画素とに分けて

対応シェーディング補正係数を前記記憶手段に記憶することを特徴とする請求項11乃至請求項17のいずれかに記載のシェーディング補正方法。

【請求項19】 撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置に適用されるシェーディング補正方法をプログラムとして記憶した、コンピュータにより読み出し可能な記憶媒体において、

前記シェーディング補正方法方法が、  
前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶手段に記憶する記憶ステップと、

前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正ステップとを有することを特徴とする記憶媒体。

【請求項20】 前記シェーディング補正方法方法が、撮像レンズ内に備えられた射出瞳位置情報を取り出す取出ステップと、

前記取出ステップにより取り出された射出瞳位置情報に基づきシェーディング補正係数を算出し、前記記憶手段に送る算出ステップとを更に有することを特徴とする請求項19記載の記憶媒体。

【請求項21】 前記算出ステップは、前記シェーディング補正係数を、前記取出手段により取り出された射出瞳位置情報と対象画像の像高とに基づき算出することを特徴とする請求項20記載の記憶媒体。

【請求項22】 前記シェーディング補正方法方法が、前記取出ステップにより取り出された前記射出瞳位置情報を、前記撮像レンズのズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正し、前記算出ステップによる前記算出に供する修正ステップを更に有することを特徴とする請求項21記載の記憶媒体。

【請求項23】 前記記憶ステップは、前記シェーディング補正係数を、前記撮像素子の平面上で互いに直角な2方向の成分に分けて前記記憶手段に記憶することを特徴とする請求項19乃至請求項22のいずれかに記載の記憶媒体。

【請求項24】 前記補正ステップは、前記輝度データに対して前記シェーディング補正係数を乗算補正することを特徴とする請求項23記載の記憶媒体。

【請求項25】 前記補正ステップは、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から、対応画素の前記2方向の各アドレスに応じて2つのシェーディング補正係数を抽出し、前記対応画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記抽出された2つのシェーディング補正係数を順次乗算補正することを特徴とする請求項24記載の記憶媒体。

【請求項26】 特定波長領域を透過させない色フィルタが、前記撮像レンズと前記撮像素子との間に設けられ

ている場合には、前記記憶ステップは、前記色フィルタによって影響を受ける画素と、受けない画素とに分けて対応シェーディング補正係数を前記記憶手段に記憶することを特徴とする請求項19乃至請求項25のいずれかに記載の記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、撮像装置、シェーディング補正方法、及び記憶媒体に関し、特に、撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置、該撮像装置に適用されるシェーディング補正方法、及び該シェーディング補正方法を実行するプログラムを記憶した記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】図10は、従来のレンズ交換可能なデジタルスチルカメラの構成の一例を示すブロック図である。

【0003】図中、カメラ操作スイッチ43がメインSW及びリリースSWで構成されており、撮影者によってカメラ操作スイッチ43が操作されると、全体制御回路44がカメラ操作スイッチ43の状態変化を検出し、その他の各回路ブロックへ電源供給が開始される。

【0004】撮影画面範囲内の被写体像は、主撮影光学系33を通して撮像部34上に結像され、この撮像部34が電気信号をA/D変換部35へ出力する。電気信号は、A/D変換部35によって、画素毎に順々に所定のデジタル信号に変換され、プロセス処理回路36へ送られる。このプロセス処理回路36では、各画素データを基にRGBの各色信号を生成し、撮影者が撮影前操作を行っている状態では、この生成結果を、メモリ制御部37を介してビデオメモリ41に各フレーム毎に定期的に転送する。ビデオメモリ41に転送されたデータを基に、モニター表示部42がファインダー表示等を行う。

【0005】一方、撮影者がカメラ操作スイッチ43に対して撮影操作を行った場合には、カメラ操作スイッチ43の状態変化を検出した全体制御回路44からの制御信号によって、上記プロセス処理回路36から出力された1フレーム分の各画素データがフレームメモリ38内に記憶される。続いて、このフレームメモリ38内のデータが、メモリ制御部37及び作業用のワークメモリ39によって、所定の圧縮フォーマットにデータ圧縮され、その圧縮結果が外部メモリ40に記憶される。なお、外部メモリ40は、フラッシュメモリ等の不揮発性メモリからなる。

【0006】なお、撮影済みの画像データを画像表示するには、上記外部メモリ40に圧縮記憶されたデータを、メモリ制御部37が通常の撮影画素毎のデータに伸張し、その結果をビデオメモリ41へ転送する。ビデオメモリ41に転送されたデータを基に、モニター表示部42がファインダー表示等を行う。



【0007】ところ、このような従来のレンズ交換可能なデジタルカメラに用いる撮像素子には、画素毎の光感度を向上させるために、図11に示すようなマイクロレンズが、撮像素子の感光画素部分毎に設けられている。

【0008】図11は、マイクロレンズの位置と撮像素子からの入射光角度との関係によって発生するシェーディング（撮影レンズからの入射光の入射角度に依存する空間的な感度不均一性）の発生原理を示した図である。図中、20はフィールドレンズとしての撮影レンズを、21はマイクロレンズを、22は撮像素子の感光部

を表している。【0009】マイクロレンズ21を撮像素子の各画素の感光部22毎に設けることで、たとえ撮像素子の感光部22の有効感度領域が狭くなったとしても、周辺の光を感光部22に有効に集めることが可能となっている。

【0010】しかしながら、図11(a)に示すように、撮影レンズ20を通した光線がほぼ垂直に撮像素子の感光部22に入射する場合は、ほぼ問題無く入射光線が撮像素子の感光部22に集まるが、図11(b)に示すように、撮影レンズ20を通した光線が斜めに撮像素子に入射する場合は、撮影レンズ20とマイクロレンズ21との光学的な関係で、撮影レンズ20の光軸から離れた領域（撮像素子の周辺部分）の各感光部には、本来の入射光線の一部しか入射しなくなってしまう。

【0011】このような光量の低下を一般的にはホワイトシェーディングと呼ぶが、この現象は、撮像素子上の画素位置が撮影レンズ20の光軸から離れるに従って激しくなる。

【0012】この撮影レンズ20と撮像素子上のマイクロレンズ21との組み合わせで発生するホワイトシェーディングを補正する方法が、例えば特開平6-197266号公報に開示されている。この方法では、撮像用のレンズ内に設けられたメモリにシェーディング補正データを予め記憶しておき、撮影時にそれを読み出して、アナログ／デジタル変換回路の基準電圧をこれに基づき作成し、アナログ撮像信号をこの基準電圧に基づきデジタル信号に変換して、シェーディング補正を行なっている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記の従来のレンズ交換可能なデジタルカメラに、従来の一眼レフタイプの銀塩フィルムカメラにおける光学システム（例えば交換レンズシステム）を流用する場合は、このレンズ交換可能なデジタルカメラは、こうした流用が不可能なデジタルカメラの撮像素子に比較して、かなり大きなサイズの撮像素子が必要となる。

【0014】しかしながら、この大きなサイズの撮像素子では、撮像レンズによっては、撮像素子周辺部への光線の入射角が大きくなってしまふものがある。この場合、マイクロレンズの位置、オンチップ色フィルタの製

作ズレ、撮像素子のデバイス構造等に起因して、入射角が大きくなる撮像素子周辺部で感度が低下する感度不均一性（シェーディング）が発生する。これを以下に説明する。

【0015】図11に示したように、最近の固体撮像素子は、感度向上のために入射光をフォトダイオード（撮像素子の感光部22）へ集光するマイクロレンズ21を備えているが、入射光の入射角が大きくなると、マイクロレンズ21で屈折した入射光はフォトダイオードの中心から離れたところへ集光してしまうため、その画素の感度が低下してしまう。

【0016】従来、特開平6-197266号公報に開示されているように、被写体を結像するレンズの特性によって撮像素子周辺部で入射光の入射角が大きくなることを考慮してシェーディング補正を行う撮像装置は存在したが、レンズを交換できる撮像装置システムでは、レンズを交換すると撮像素子へ入射する光線の入射角度特性が大きく変わってしまい、シェーディング補正を好適に行うことができなかった。

【0017】また、レンズを交換せず同じレンズを用いているときでも、そのレンズがズームレンズである場合、撮影画角が変わったり、異なる距離の被写体にピントを合わせたりしたときには、撮像レンズの射出瞳位置が変化するために、撮像素子周辺部への入射光の入射角が変わってしまい、シェーディング補正を好適に行うことができなかった。

【0018】さらに、図12は、積層タイプ反射型赤外光カットフィルタによる色シェーディングの発生原理を概念的に表わした図である。図12(a)は反射型赤外光カットフィルタの入射角に依存する分光透過率特性を示し、図12(b)はオンチップカラーフィルタを備える撮像素子の分光感度特性の一例を示し、図12(c)は赤フィルタ画素の感度を示す。ここでは、RGB原色タイプのオンチップカラーフィルタを持つ撮像素子の例を示している。なお、図12(a)の横軸の波長と図12(b)の横軸の波長とは同じレベル目盛である。

【0019】図12(a)に示すような分光透過率特性を持つ赤外光カットフィルタを通過してきた光が、図12(b)に示す分光感度特性をもつ撮像素子に入射されたとする。この場合、図12(a)及び(b)から分かるように、青と緑のカラーフィルタの波長領域では、赤外光カットフィルタの分光透過率特性に入射角度依存性は少なく、一方、赤のカラーフィルタの波長領域では、赤外光カットフィルタの分光透過率特性が大きな入射角度依存性を持っている。また、撮像素子から出力される信号の感度特性は、赤外光カットフィルタの分光透過率特性と、撮像素子の分光感度特性の積で表わされる。したがって、入射光の入射角が大きい場合は赤のカラーフィルタを持つ画素の感度が落ちてしまい、図12(c)に示すように、撮像素子周辺部で赤フィルタを持つ画素の

感度だけが低下する色シェーディングが発生する。

【0020】本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであって、撮影レンズが交換可能な撮像装置において、撮影レンズの交換に関わりなく撮像素子平面上の感度不均一性を解消するようにした撮像装置、シェーディング補正方法、及び記憶媒体を提供することを目的とする。

【0021】また、撮像素子の特定の色チャンネルで発生する色シェーディングを補正することを可能にした撮像装置、シェーディング補正方法、及び記憶媒体を提供することを他の目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の発明によれば、撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置において、前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶する記憶手段と、前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正手段とを有することを特徴とする。

【0023】請求項2記載の発明によれば、前記撮像装置が、撮像レンズ内に備えられた射出瞳位置情報を取り出す取出手段と、前記取出手段により取り出された射出瞳位置情報に基づきシェーディング補正係数を算出し、前記記憶手段に送る算出手段とを更に有することを特徴とする。

【0024】請求項4記載の発明によれば、前記撮像装置が、前記取出手段により取り出された前記射出瞳位置情報を、前記撮像レンズのズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正し、前記算出手段に送る修正手段を更に有することを特徴とする。

【0025】請求項10記載の発明によれば、特定波長領域を透過させない色フィルタが、前記撮像レンズと前記撮像素子との間に設けられている場合には、前記記憶手段は、前記色フィルタによって影響を受ける画素と、受けない画素とに分けて対応シェーディング補正係数を記憶することを特徴とする。

【0026】また、請求項11記載の発明によれば、撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置に適用されるシェーディング補正方法において、前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶手段に記憶する記憶ステップと、前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正ステップとを有することを特徴とする。

【0027】さらに、請求項19記載の発明によれば、撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置に適用されるシェーディング補正方法をプログラムとして記憶した、コンピュータにより読み出し可能な記憶媒体において、前記シェーディング補正方法が、前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶手段に記憶する記憶ステップと、前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正ステップとを有することを特徴とする。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0029】図1は、本発明に係る撮像装置（デジタルスチルカメラ）の一実施の形態の構成を示すブロック図である。この撮像装置ではレンズ交換が可能である。

【0030】図中1はカメラ全体の制御を司る全体制御CPU、2は射出瞳位置検出部、3は交換レンズである。交換レンズ3は射出瞳位置情報を内部に備え、検出部2は、交換レンズ3に備えられたその射出瞳位置情報を検出し、検出値を修正してエンコード情報を作成し、CPU1に出力する。

【0031】射出瞳位置情報は後述のように、シェーディング補正係数の算出に使用されるが、その算出の前に射出瞳位置情報は、交換レンズ3のズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正される。すなわち、射出瞳位置は一般に、撮像レンズと撮像素子との光軸上の距離で表されるが、これはズームやフォーカスの変化に連動して変わる。また、像高（撮像素子平面において着目画素の位置と光軸上の点との距離）が変わることによっても若干変化することが知られている。さらに、絞り量が変わると、撮像素子の着目画素に入射する光の入射角の範囲が変化する。これらの変化はシェーディング補正係数を算出する際の誤差となって現れるので、精度の高いシェーディング補正をするために、交換レンズ3の射出瞳位置情報を、交換レンズ3のズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つに応じて修正する。

【0032】4は積層型反射タイプの赤外光カットフィルタ、5は撮像素子である。撮像素子5は、例えばCCD等の電荷転送素子から成り、交換レンズ3を通して被写体像が結像され、その結果蓄積された電荷を電気信号として、画素毎に順々に読み出してCDS/AGC回路6へ出力する。CDS/AGC回路6は、撮像素子5内で発生するリセットノイズ等の雑音成分を抑圧し、適当なレベルまで増幅してから、この出力をA/D変換回路7へ出力する。A/D変換回路7は、上記の電荷量に相当する被写体の輝度データをデジタルデータに変換す



る。なお、撮像素子5上には、RGB等の各色信号を作り出すための光学色フィルタが貼り付けられているので、撮像素子5からの出力信号は各色を順次示す信号となる。

【0033】8はドライバであり、撮像素子5の各素子で電荷蓄積を行うために必要な電気エネルギーを素子毎に供給する。すなわち、タイミングジェネレータ9から送られるタイミング信号に基づいて、撮像素子5を水平方向及び垂直方向に走査して供給を行う。

【0034】タイミングジェネレータ9からは、水平同期信号HD及び垂直同期信号VDがアドレス発生回路10へ供給され、アドレス発生回路10では、それらの同期信号に基づいてアドレス信号を発生する。

【0035】12～15は、後述する撮像素子5の感度補正（シェーディング補正）を行うために必要な補正データを記憶するメモリであり、12は水平方向の第1補正データを記憶しているHメモリH1、13は水平方向の第2補正データを記憶しているHメモリH2、14は垂直方向の第1補正データを記憶しているVメモリV1、15は垂直方向の第2補正データを記憶しているVメモリV2である。

【0036】アドレス判別回路11は、アドレス発生回路10から出力されたアドレス信号に基づいて所定信号HSEL、VSELを出力する。

【0037】16、17はセクタであり、メモリ12～15から送られる各出力信号の中から、アドレス判別回路11から送られる所定信号HSEL、VSELに基づいてそれぞれ選択を行い、水平方向及び垂直方向の補正データを出力するものである。

【0038】18は乗算回路MUL1であり、A/D変換回路7から出力される画素毎の輝度データと、セクタ16を介して得られる水平方向の補正データとの乗算を行うものである。19は乗算回路MUL2であり、乗算回路（MUL1）18の出力と、セクタ17を介して得られる垂直方向の補正データとの乗算を行うものである。

【0039】この乗算回路（MUL2）19から出力された感度補正（シェーディング補正）が施された画素毎の輝度データは、通常、プロセス処理回路（図示せず）へ送られ、ここでダークレベル補正やγ変換、色補間処理が行われ、その結果がメモリ（図示せず）に記憶されるようになっている。

【0040】図2は、色補間処理について示す図である。図2（a）は撮像素子5の画素配列を示し、図2（b）はG（グリーン）の補間フィルタを示し、図2（c）はR（レッド）／B（ブルー）の補間フィルタを示し、図2（d）は補間処理後の画素配列を示す。ここで使用している撮像素子の色フィルタ配列は一般的なベイヤー配列であり、図2（b）に示すようなGの市松、図2（c）に示すようなR／Bの線順次の配列となつて

いる。

【0041】単板の撮像素子の場合、全ての画素にRGBの情報があるわけではないので、例えば図2（b）や図2（c）に示した3×3のマトリックス行列を使用した補間演算にて、撮像素子上の全画素ポイントにおけるRGB色情報を作り出すのが一般的である。これを以下に具体的に説明する。

【0042】例えば図2（a）に示す画素aのG補間後信号を生成するには、点線a1で囲んだ画素a及びその周囲8画素の各輝度データに、G補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせ合算することによって求める。図2（b）に示すG補間フィルタにおいて、点線a1内のG（グリーン）の画素に対応する係数は、画素aの位置で1であり、4隅の各画素の位置で0である。したがって、画素aの輝度データがそのままG補間後信号となる。

【0043】また、例えば図2（a）に示す画素bのG補間後信号を生成するには、点線b1で囲んだ画素b及びその周囲8画素の各輝度データに、G補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせ合算することによって求める。この場合、図2（b）に示すG補間フィルタにおいて、点線b1内のG（グリーン）の画素に対応する係数は、画素bの上下左右の各位置で0.25である。したがって、画素bのG補間後信号は、上下左右の各位置における係数を乗算後の合算値となる。言い換えれば、上下左右の各位置における各輝度データの平均値となる。

【0044】同様の方法により、R（レッド）／B（ブルー）についても、G補間フィルタとは係数が異なるR／B補間フィルタを使用して、全画素に対するR／B補間後信号を決定する。

【0045】このようにして、最終的には図2（d）に示すような全画素に対するRGB補間後信号が生成される。

【0046】次に、図1に示した撮像装置において行われる感度補正（シェーディング補正）処理を、図3及び図4を参照して説明する。

【0047】図3は、撮影レンズと撮像素子デバイス構造との組み合わせで発生するシェーディングを補正するシェーディング補正係数を示す図である。

【0048】すなわち、射出瞳位置が撮像素子に比較的近く、撮像素子周辺部で感度が大きく低下している場合は、シェーディング補正係数を、図3（a）のように像高の高いところ（撮像素子周辺部）で大きくなるようにして、撮像素子の出力信号を増幅するようにする。反対に射出瞳位置が遠く、撮像素子周辺部で感度はあまり低下しない場合は、シェーディング補正係数を、図3

（b）のように像高の高いところ（撮像素子周辺部）で僅か大きくなるようにして、撮像素子の出力信号を若干増幅するようにする。具体的には、図1に示す射出瞳位置検出部2が交換レンズ3に備えられた射出瞳位置情報



を読み出し、上記のようにズーム位置、フォーカス位置等に応じて修正を加えて全体制御CPU1へ送り、全体制御CPU1が、修正された射出瞳位置情報に応じてシェーディング補正係数を算出する。

【0049】なおこのとき、像高にシェーディング補正係数を厳密に対応させようとすると、撮像素子を中心とした同心円状にシェーディング補正係数を対応させねばならず、ハードウェア処理が難しくなる。そこで、本実施の形態では、図4に示すようなシェーディング補正係数を設定する。

【0050】図4は、本実施の形態におけるシェーディング補正係数を示す図である。(a)は撮像素子の平面を示し、(b)は水平方向のシェーディング補正係数成分を示し、(c)は垂直方向のシェーディング補正係数成分を示す。

【0051】すなわち、水平方向においては、感度が低くなっている撮像素子左右の周辺部分に対して感度を上げるようにシェーディング補正係数を設定し、垂直方向においては、感度が低くなっている撮像素子上下の周辺部分に対して感度を上げるようにシェーディング補正係数を設定し、水平方向、垂直方向のシェーディング補正係数を画像平面上で掛け合わせたときに、擬似的に同心円状になるように設定する。この疑似同心円状の補正は、感度が、後述の図6に示すように、撮像素子へ入射する光の入射角に対して十分になだらかに変化し、かつ変化量が少ないならば、同心円状に補正する場合に比べ、十分に満足できる精度となる。

【0052】次に、図5～図7を参照して、シェーディング補正係数を撮像素子平面上で水平方向及び垂直方向の成分に分ける方法を説明する。

【0053】図5は、撮像レンズから撮像素子までの間\*

$$y = (A \tan^2 \theta_x + B \tan \theta_x + C) (A \tan^2 \theta_y + B \tan \theta_y + C) \quad \dots (5)$$

この上記式(5)は上記式(1)と精度良く一致する。

【0061】そこで、上記式(5)を参照して、水平方向及び垂直方向の各補正式を下記式とし、

$$(A \tan^2 \theta_x + B \tan \theta_x + C)^{-1} \quad \dots (6)$$

$$(A \tan^2 \theta_y + B \tan \theta_y + C)^{-1} \quad \dots (7)$$

上記補正式(6)、(7)を、撮像素子の各画素からの輝度データに乗算することにより、水平方向のシェーディング補正後データH(i)及び垂直方向のシェーディング補正後データV(j)を算出する。

【0062】上記補正式(6)、(7)に基づき、各画素毎に水平方向及び垂直方向のシェーディング補正係数を算出し、これらを、図1に示す全体制御CPU1からHメモリ(H1)12及びVメモリ(V1)14において、各画素位置に対応したアドレス位置にそれぞれ格納する。

【0063】かくして、撮影レンズ20とマイクロレンズ21との光学的な関係で生じるシェーディングについ

\*の光の通路を示す図である。図中20は撮影レンズ、23は絞りである。 $\theta$ は光の入射角、 $d$ は撮像素子5上に入射された光の光軸中心からの距離、つまり像高、 $p$ は撮影レンズ20と撮像素子5との光軸上の距離、つまり射出瞳位置である。

【0054】図6は入射角 $\theta$ に対する感度を示すグラフ、図7は像高 $d$ の撮像素子5平面上でのX、Y成分を示す図である。

【0055】ここで、像高 $d$ (入射角 $\theta$ )に対する感度が図6で表わされるものとし、このシェーディング特性は、感度を $y$ 、入射角を $\theta$ とすると、下記の関数で近似できるものとする。

【0056】

$$y = A \tan^2 \theta + B \tan \theta + C \quad \dots (1)$$

$$\tan \theta = d/p \quad \dots (2)$$

なお、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ は定数であり、前述のように、 $d$ は像高、 $p$ は射出瞳位置(距離)である。

【0057】ここで図7に示すように、撮像素子5上の平面上において、X軸に対して角度 $\theta'$ の傾きを持つ像高 $d$ を、撮像素子5平面上でX成分 $d \cos \theta'$ とY成分 $d \sin \theta'$ とに分割した場合、上記式(2)と同様な下記式が得られる。

【0058】

$$\tan \theta_x = (d \cos \theta') / p \quad \dots (3)$$

$$\tan \theta_y = (d \sin \theta') / p \quad \dots (4)$$

なお $\theta_x$ 、 $\theta_y$ は、入射角 $\theta$ の撮像素子5上の平面上におけるX成分及びY成分である。

【0059】これらの $\tan \theta_x$ 、 $\tan \theta_y$ を用いると、感度 $y$ は下記式のように表せる。

【0060】

ては、色フィルタの性能等に関係なく、撮像素子5の1画面分の出力に対して、水平方向、垂直方向にそれぞれ1つずつのシェーディング補正係数で補正する。すなわち、図1に示す構成において、A/D変換回路7から出力された画素毎の輝度データに対して、乗算回路(MUL1)18が、画素位置に対応した水平方向のシェーディング補正係数を乗算することにより、まず水平方向の補正を行い、次に乗算回路(MUL2)19が、画素位置に対応した垂直方向のシェーディング補正係数を乗算することにより、垂直方向の補正を行う。これにより、撮像素子5の1画面分の出力に対して、シェーディング補正を行なうことができる。

【0064】以上のように、レンズ交換可能な撮像装置において、撮像レンズに射出瞳位置情報を備え、撮像時には撮像装置本体が撮像レンズの射出瞳情報を用いてシェーディング補正係数を算出し、シェーディング補正を行う。これによって、撮像レンズを交換しても、シェー

ディング補正を好適に実行することができる。

【0065】なお、撮影レンズと撮像素子デバイス構造との組み合わせで発生するシェーディングは、撮像素子に入射する光線の入射角に依存しているため、撮像素子の注目画素において、その画素に入射する入射光の入射角がわかれば、シェーディング補正量が算出できる。すなわち、注目画素における像高と、撮像レンズの射出瞳位置がわかれば、入射角が計算でき、シェーディング補正量が算出できることになる。このとき、射出瞳位置を交換レンズ内に備え、像高を撮像装置本体で計算することにより、どの交換レンズと、どの撮像装置本体とを組み合わせても、撮像レンズと撮像素子の光学特性の組み合わせに起因するシェーディングを好適に補正できる。

【0066】また、シェーディング補正係数を算出する基になる撮像レンズの射出瞳位置情報を、ズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つにより修正するようにする。これにより、シェーディング補正の精度を向上させることができる。

【0067】次に、撮像素子5のデバイス構造と撮像レンズ20（交換レンズ3）の光学条件で発生する色シェーディングを防止する方法を、以下に説明する。

【0068】図5に示すように、撮像素子5の前面に積層タイプ反射型の赤外光カットフィルタ4を使用し、撮像素子5が、図12（b）に示すようなRGB原色ベイヤーフィルタを備えている場合、図12（a）で示した赤外光カットフィルタの分光透過率特性の入射角依存性により、赤フィルタを持つ画素の感度が大きな入射角依存性を持つ。そのため、図12（c）のように赤色チャンネルのみに大きくシェーディングが発生し、その他のチャンネルで発生するシェーディングは赤色チャンネルと比べて僅かである。

【0069】赤外光カットフィルタ4と交換レンズ3との光学的な組み合わせで生じるこうした色シェーディングは、交換レンズ3の射出瞳位置が撮像素子5に近いほど赤外カットフィルタ4の周辺部への入射光の入射角が大きくなるため、色シェーディング量が大きくなる。

【0070】図8は、RGB原色ベイヤーフィルタの配列と、配列に応じた各シェーディング補正係数とを示す図である。（a）はRGB原色ベイヤーフィルタの配列を示し、（b）はRGB原色ベイヤーフィルタの第1行

に対応するシェーディング補正係数 $H1(i)$ 、 $H2(i)$ を示し、（c）はRGB原色ベイヤーフィルタの第2行に対応するシェーディング補正係数 $H1(i)$ 、 $H2(i)$ を示し、（d）はRGB原色ベイヤーフィルタの第1列に対応するシェーディング補正係数 $V1(j)$ 、 $V2(j)$ を示し、（e）はRGB原色ベイヤーフィルタの第2列に対応するシェーディング補正係数 $V1(j)$ 、 $V2(j)$ を示す。

【0071】RGB原色ベイヤーフィルタは、図8（a）のような配列になっているので、例えば第1行の

水平ラインでは、G、Rが交互に並び、左端から数えて奇数番号に位置する画素（G）の出力感度と偶数番号に位置する画素（R）の出力感度とは異なる。すなわち、Rフィルタを持つ画素の出力は、Gフィルタを持つ画素の出力に比べ、周辺部で大幅に低下する。そのため、図8（b）に示すようなシェーディング補正係数 $H1(i)$ 、 $H2(i)$ を設定する。シェーディング補正係数 $H1(i)$ は、Rフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のHメモリ（ $H1$ ）12に格納され、一方、シェーディング補正係数 $H2(i)$ は、Gフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のHメモリ（ $H2$ ）13に格納される。

【0072】RGB原色ベイヤーフィルタの第2行の水平ラインでは、B、Gが交互に並ぶので、左端から数えて奇数番号に位置する画素（B）の出力感度と偶数番号に位置する画素（G）の出力感度とは、ほとんど同じである。そのため、図8（c）に示すような同一のシェーディング補正係数 $H1(i)$ 、 $H2(i)$ を設定する。シェーディング補正係数 $H1(i)$ は、Bフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のHメモリ（ $H1$ ）12に格納され、一方、シェーディング補正係数 $H2(i)$ は、Gフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のHメモリ（ $H2$ ）13に格納される。

【0073】次に、例えばRGB原色ベイヤーフィルタの第1列の垂直ラインでは、G、Bが交互に並ぶので、上端から数えて奇数番号に位置する画素（G）の出力感度と偶数番号に位置する画素（B）の出力感度とは、ほとんど同じである。そのため、図8（d）に示すような同一のシェーディング補正係数 $V1(j)$ 、 $V2(j)$ を設定する。シェーディング補正係数 $V1(j)$ は、Gフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のVメモリ（ $V1$ ）14に格納され、一方、シェーディング補正係数 $V2(j)$ は、Bフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のVメモリ（ $V2$ ）15に格納される。

【0074】一方、RGB原色ベイヤーフィルタの第2列の垂直ラインでは、R、Gが交互に並び、上端から数えて奇数番号に位置する画素（G）の出力感度と偶数番号に位置する画素（G）の出力感度とは異なる。すなわち、Rフィルタを持つ画素の出力は、Gフィルタを持つ画素の出力に比べ、周辺部で大幅に低下する。そのため、図8（e）に示すようなシェーディング補正係数 $V1(j)$ 、 $V2(j)$ を設定する。シェーディング補正係数 $V1(j)$ は、Rフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のVメモリ（ $V1$ ）14に格納され、一方、シェーディング補正係数 $V2(j)$ は、Gフィルタを持つ画素の出力に適用される補正係数であり、図1のVメモリ（ $V2$ ）15に格納される。

【0075】以上のようにシェーディング補正係数を設

10

20

30

40

50



定格納して、撮像素子5からの画素毎の輝度データに対して、対象画素の位置の2次元的なアドレスを基に、対応するシェーディング補正係数を読み出して、乗算するようにする。これを、図9を参照して説明する。

【0076】図9は、アドレス判別回路11で行われる所定信号HSEL、VSELの出力処理の手順を示すフローチャートである。

【0077】まずステップS1で、アドレス発生回路10から送られた対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直(列)方向のアドレスが偶数であるか否かを判別する。また、ステップS2及びS7で、アドレス発生回路10から送られた対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの水平(行)方向のアドレスが偶数であるか否かを判別する。

【0078】こうした判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直

(列)方向のアドレスが奇数(即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数行目)であり、且つ水平(行)方向のアドレスが奇数(即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数列目)であるならば、ステップS3に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをLレベル(0レベル)とする。その結果、セクタ16はHメモリ(H1)12の出力であるシェーディング補正係数H1(i)を乗算回路(MUL1)18へ送る。

【0079】次にステップS4で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをLレベル(0レベル)とする。その結果、セクタ17はVメモリ(V1)14の出力であるシェーディング補正係数V1(j)を乗算回路(MUL2)19へ送る。

【0080】この状態を、図8を参照して説明する。

【0081】すなわち、対象画素が図8(a)に示す左上のGの画素22であるとした場合、乗算回路(MUL1)18は、図8(b)で実線で示したシェーディング補正係数H1(i)(H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路(MUL2)19は、図8(d)で実線で示したシェーディング補正係数V1(j)の特性(V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0082】また、上記の判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直(列)方向のアドレスが奇数(即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数行目)であり、且つ水平(行)方向のアドレスが偶数(即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数列目)であるならば、ステップS5に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをHレベル(1レベル)とする。その結果、セクタ16はHメモリ(H2)13

の出力であるシェーディング補正係数H2(i)を乗算回路(MUL1)18へ送る。

【0083】次にステップS6で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをLレベル(0レベル)とする。その結果、セクタ17はVメモリ(V1)14の出力であるシェーディング補正係数V1(j)を乗算回路(MUL2)19へ送る。

【0084】例えば、対象画素が図8(a)に示すRの画素23であるとした場合、乗算回路(MUL1)18は、図8(b)で破線で示したシェーディング補正係数H2(i)(H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路(MUL2)19は、図8(e)で実線で示したシェーディング補正係数V1(j)の特性(V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0085】また、上記の判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直(列)方向のアドレスが奇数(即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数行目)であり、且つ水平(行)方向のアドレスが偶数(即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数列目)であるならば、ステップS5に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをHレベル(1レベル)とする。その結果、セクタ16はHメモリ(H2)13の出力であるシェーディング補正係数H2(i)を乗算回路(MUL1)18へ送る。

【0086】次にステップS6で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをLレベル(0レベル)とする。その結果、セクタ17はVメモリ(V1)14の出力であるシェーディング補正係数V1(j)を乗算回路(MUL2)19へ送る。

【0087】例えば、対象画素が図8(a)に示すRの画素23であるとした場合、乗算回路(MUL1)18は、図8(b)で破線で示したシェーディング補正係数H2(i)(H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路(MUL2)19は、図8(e)で実線で示したシェーディング補正係数V1(j)の特性(V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0088】また、上記の判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直(列)方向のアドレスが偶数(即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数行目)であり、且つ水平(行)方向のアドレスが奇数(即ち2次元の撮像素子配列でいう奇数列目)であるならば、ステップS8に進み、アドレス判別



回路11は所定信号HSELをLレベル(0レベル)とする。その結果、セクタ16はHメモリ(H1)12の出力であるシェーディング補正係数H1(i)を乗算回路(MUL1)18へ送る。

【0089】次にステップS9で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをHレベル(1レベル)とする。その結果、セクタ17はVメモリ(V2)15の出力であるシェーディング補正係数V2(j)を乗算回路(MUL2)19へ送る。

【0090】例えば、対象画素が図8(a)に示すBの画素24であるとした場合、乗算回路(MUL1)18は、図8(c)で実線で示したシェーディング補正係数H1(i)(H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路(MUL2)19は、図8(d)で実線で示したシェーディング補正係数V2(j)の特性(V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0091】また、上記の判別の結果、対象画像の2次元アドレスのうち、RGB原色ベイヤーフィルタの垂直(列)方向のアドレスが偶数(即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数行目)であり、且つ水平(行)方向のアドレスが偶数(即ち2次元の撮像素子配列でいう偶数列目)であるならば、ステップS10に進み、アドレス判別回路11は所定信号HSELをHレベル(1レベル)とする。その結果、セクタ16はHメモリ(H2)13の出力であるシェーディング補正係数H2(i)を乗算回路(MUL1)18へ送る。

【0092】次にステップS11で、アドレス判別回路11は所定信号VSELをHレベル(1レベル)とする。その結果、セクタ17はVメモリ(V2)15の出力であるシェーディング補正係数V2(j)を乗算回路(MUL2)19へ送る。

【0093】例えば、対象画素が図8(a)に示すGの画素25であるとした場合、乗算回路(MUL1)18は、図8(c)で実線で示したシェーディング補正係数H2(i)(H方向の左側が水平方向の下位アドレスに相当し、H方向の右側が水平方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行い、一方、乗算回路(MUL2)19は、図8(e)で破線で示したシェーディング補正係数V2(j)の特性(V方向の上側が垂直方向の下位アドレスに相当し、V方向の下側が垂直方向の上位アドレスに相当)を用いて輝度データに対する乗算補正を行う。

【0094】以上のように、アドレス判別回路11は、対象画素の2次元的なアドレスを逐次判別し、水平・垂直それぞれのアドレスが奇数であるか偶数であるかによって、シェーディング補正係数のテーブルを切替える。

これによって、図12(c)に示したような交換レンズ3と赤外光カットフィルタ4との光学的な組み合わせで生じる色シェーディングを防止することができる。なお、ここでは、赤色シェーディングを防止することを説明したが、特に赤色に限定されるものではなく、他の色の色シェーディングにも本発明は適用できる。

【0095】また、本実施の形態では水平・垂直方向にそれぞれ2種類のシェーディング補正係数を用意したが、各R/G/B毎に別々のシェーディング補正係数を用意するようにしてもよい。さらに、色フィルタに補色系を用いた場合には、各方向にシェーディング補正係数を4種類持つことも可能である。

【0096】また、前述した各実施の形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行することによっても、本発明が達成されることは言うまでもない。

【0097】この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が、前述の各実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体が本発明を構成することになる。

【0098】プログラムコードを供給するための記憶媒体として、例えば、フロッピーディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROMなどを用いることができる。

【0099】また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した各実施の形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているOSなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した各実施の形態の機能が実現される場合も、本発明に含まれることは言うまでもない。

【0100】さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した各実施の形態の機能が実現される場合も、本発明に含まれることは言うまでもない。

【0101】

【発明の効果】以上詳述したように請求項1、請求項11または請求項19記載の発明によれば、撮像素子を備えるとともに、撮像レンズが交換可能である撮像装置において、前記撮像素子の平面上に2次元配列された各画素にそれぞれ対応したシェーディング補正係数を記憶す

る記憶手段と、前記撮像素子の各画素からそれぞれ取り出された輝度データに対して、前記記憶手段に記憶されたシェーディング補正係数の中から対応画素に関するシェーディング補正係数を抽出して補正演算する補正手段とを有する。

【0102】これにより、撮像レンズを交換しても、撮像レンズと撮像素子の光学特性の組み合わせに起因するシェーディングを的確に補正することができる。

【0103】また、請求項4、請求項14または請求項22記載の発明によれば、シェーディング補正係数を算出する基になる撮像レンズの射出瞳位置情報を、ズーム位置、フォーカス位置、像高、絞り量の少なくとも1つにより修正するようにする。これにより、シェーディング補正の精度を向上させることができる。

【0104】さらに、請求項10、請求項18または請求項26記載の発明によれば、撮像レンズと撮像素子の光学的な組み合わせによって、特定チャンネルのみに生じる色シェーディングを、撮像レンズを交換しても、的確に補正することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る撮像装置（デジタルスチルカメラ）の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図2】色補間処理について示す図である。

【図3】撮影レンズと撮像素子デバイス構造との組み合わせで発生するシェーディングを補正するシェーディング補正係数を示す図である。

【図4】本実施の形態におけるシェーディング補正係数を示す図である。（a）は撮像素子の平面を示し、

（b）は水平方向のシェーディング補正係数成分を示し、（c）は垂直方向のシェーディング補正係数成分を示す。

【図5】撮像レンズから撮像素子までの間の光の通路を示す図である。

【図6】入射角 $\theta$ に対する感度を示すグラフである。

【図7】像高 $d$ の撮像素子平面上での $X$ 、 $Y$ 成分を示す\*

\* 図である。

【図8】RGB原色ベイヤーフィルタの配列と、配列に応じた各シェーディング補正係数とを示す図である。

【図9】アドレス判別回路で行われる所定信号HSEL、VSELの出力処理の手順を示すフローチャートである。

【図10】従来のレンズ交換可能なデジタルスチルカメラの構成の一例を示すブロック図である。

【図11】マイクロレンズの位置と撮像レンズからの入射光角度との関係によって発生するシェーディングの発生原理を示した図である。

【図12】積層タイプ反射型赤外光カットフィルタによる色シェーディングの発生原理を概念的に表わした図である。

#### 【符号の説明】

- 1 全体制御CPU（算出手段、修正手段）
- 2 射出瞳位置検出部（取出手段）
- 3 交換レンズ（撮像レンズ）
- 4 赤外光カットフィルタ
- 5 撮像素子
- 6 CDS/AGC回路
- 7 A/D変換回路
- 8 ドライバ
- 9 タイミングジェネレータ
- 10 アドレス発生回路（記憶手段、補正手段）
- 11 アドレス判別回路（補正手段）
- 12 HメモリH1（記憶手段）
- 13 HメモリH2（記憶手段）
- 14 VメモリV1（記憶手段）
- 15 VメモリV2（記憶手段）
- 16 セレクタ（補正手段）
- 17 セレクタ（補正手段）
- 18 乗算回路MUL1（補正手段）
- 19 乗算回路MUL2（補正手段）

【図3】

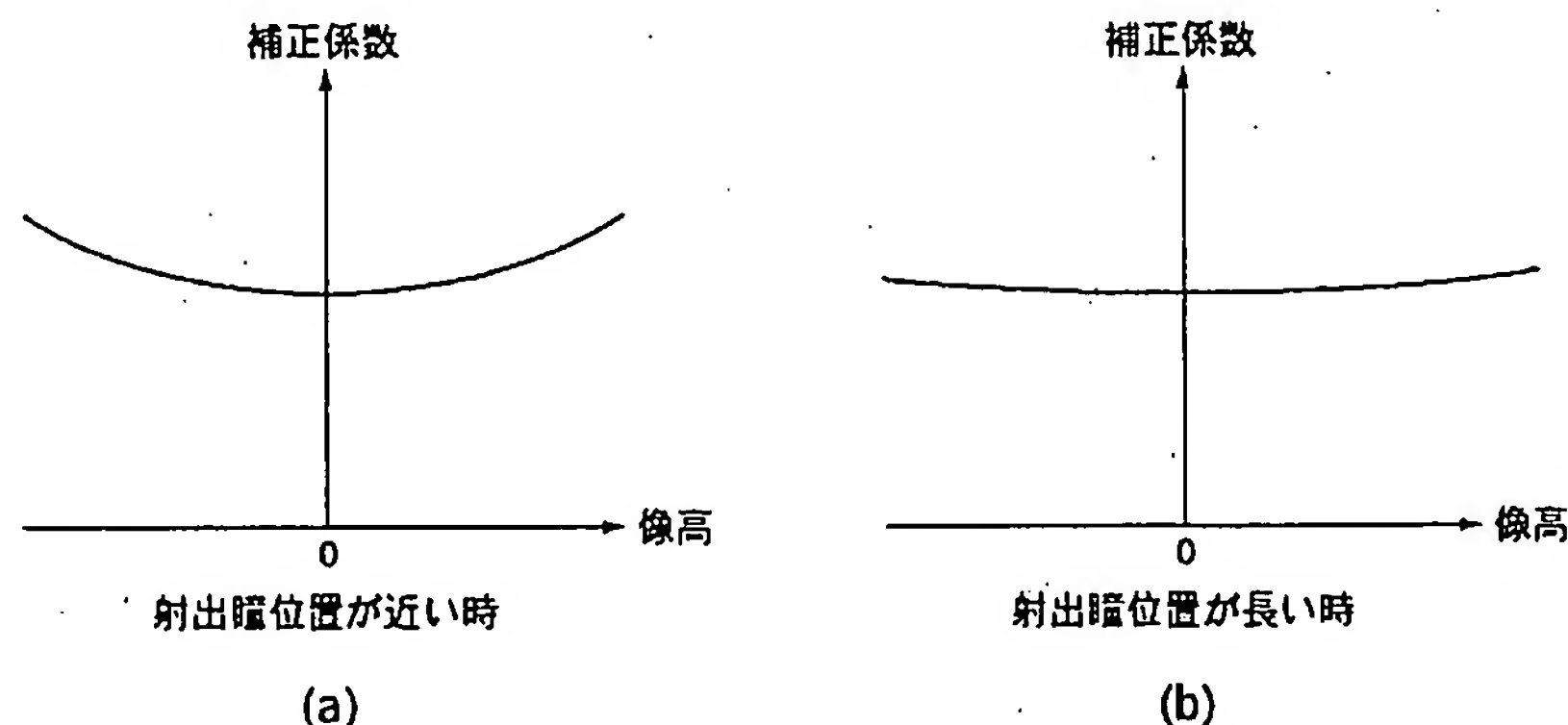


Figure 1 illustrates the interpolation processing of image data. It consists of four parts: (a) Original image data pixel arrangement, (b) Interpolation filter for the GREEN channel, (c) Interpolation filter for the RED and BLUE channels, and (d) Image data pixel arrangement after interpolation processing.

(a) Original image data pixel arrangement: A 6x6 grid of pixels. The legend indicates:
 

- GREEN: Diagonal lines (top-left to bottom-right)
- RED: Diagonal lines (bottom-left to top-right)
- BLUE: White square

 The grid shows a pattern of these colors. A dashed box labeled 'a' highlights a 3x3 area, and a dashed box labeled 'b' highlights a 3x3 area. Labels 'a1' and 'b1' point to specific pixels within these areas.

(b) Interpolation filter for the GREEN channel: A 3x3 filter matrix with values:
 

0	0.25	0
0.25	1	0.25
0	0.25	0

 This filter is applied to the GREEN channel pixels.

(c) Interpolation filter for the RED and BLUE channels: A 3x3 filter matrix with values:
 

0.25	0.5	0.25
0.5	1	0.5
0.25	0.5	0.25

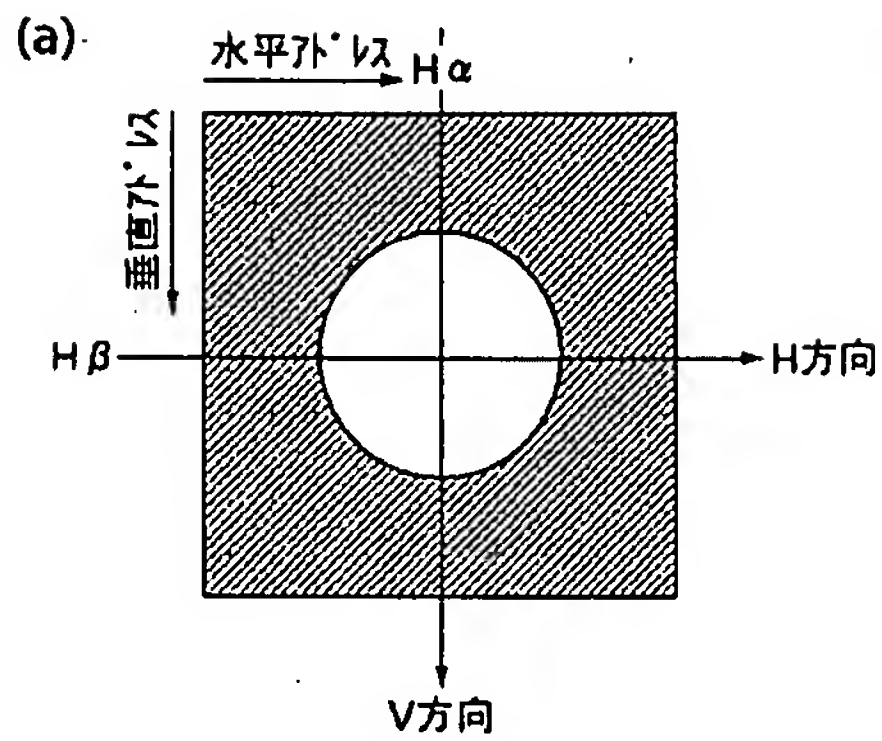
 This filter is applied to the RED and BLUE channel pixels.

(d) Image data pixel arrangement after interpolation processing: A 6x6 grid of pixels, where each original pixel position is now represented by a 3x3 sub-grid of smaller pixels, showing the result of the interpolation process.

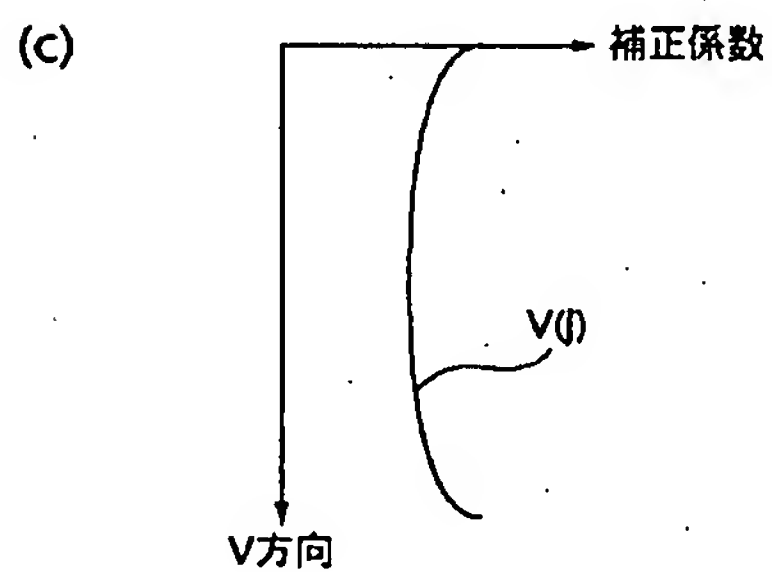
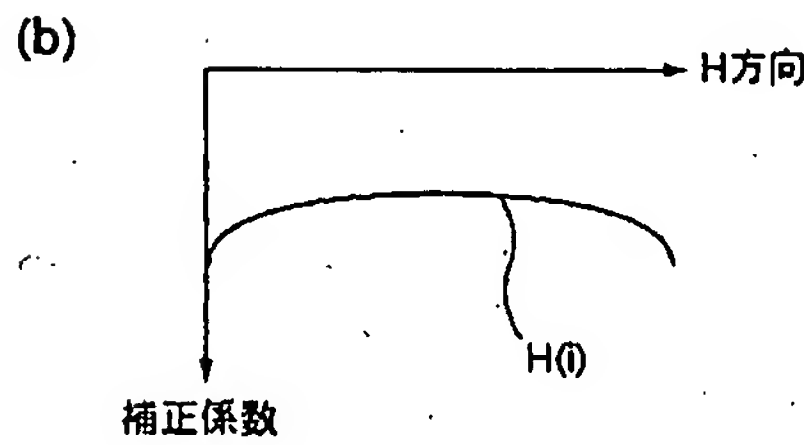
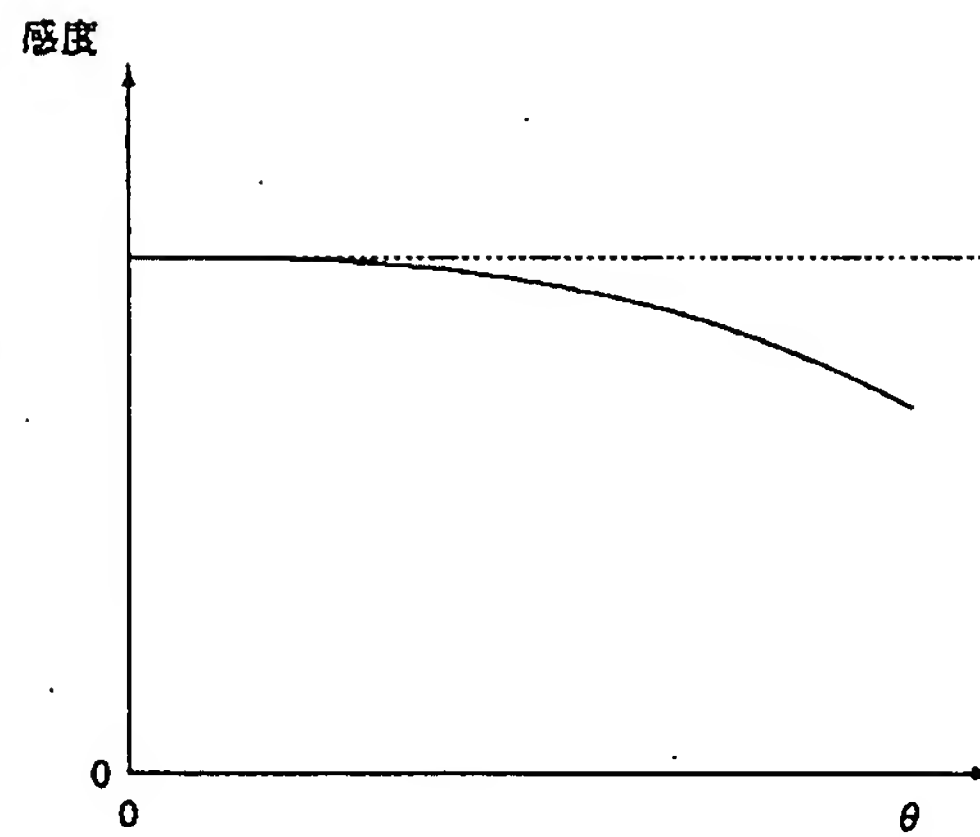
Figure 1 is a schematic diagram of an optical system. It shows a lens (20) on the left, a grating (23) in the middle, and an image sensor (5) on the right. A red light filter (4) is positioned between the grating and the sensor. The distance from the grating to the sensor is labeled 'd', and the distance from the lens to the sensor is labeled 'p'. An angle  $\theta$  is indicated between the optical axis and the light path.

A diagram showing a rectangular element of width  $d$  and height  $d \cos \theta'$ . The width is labeled  $d$  and the height is labeled  $d \cos \theta'$ . The angle  $\theta'$  is indicated between the width and the hypotenuse of the rectangle.

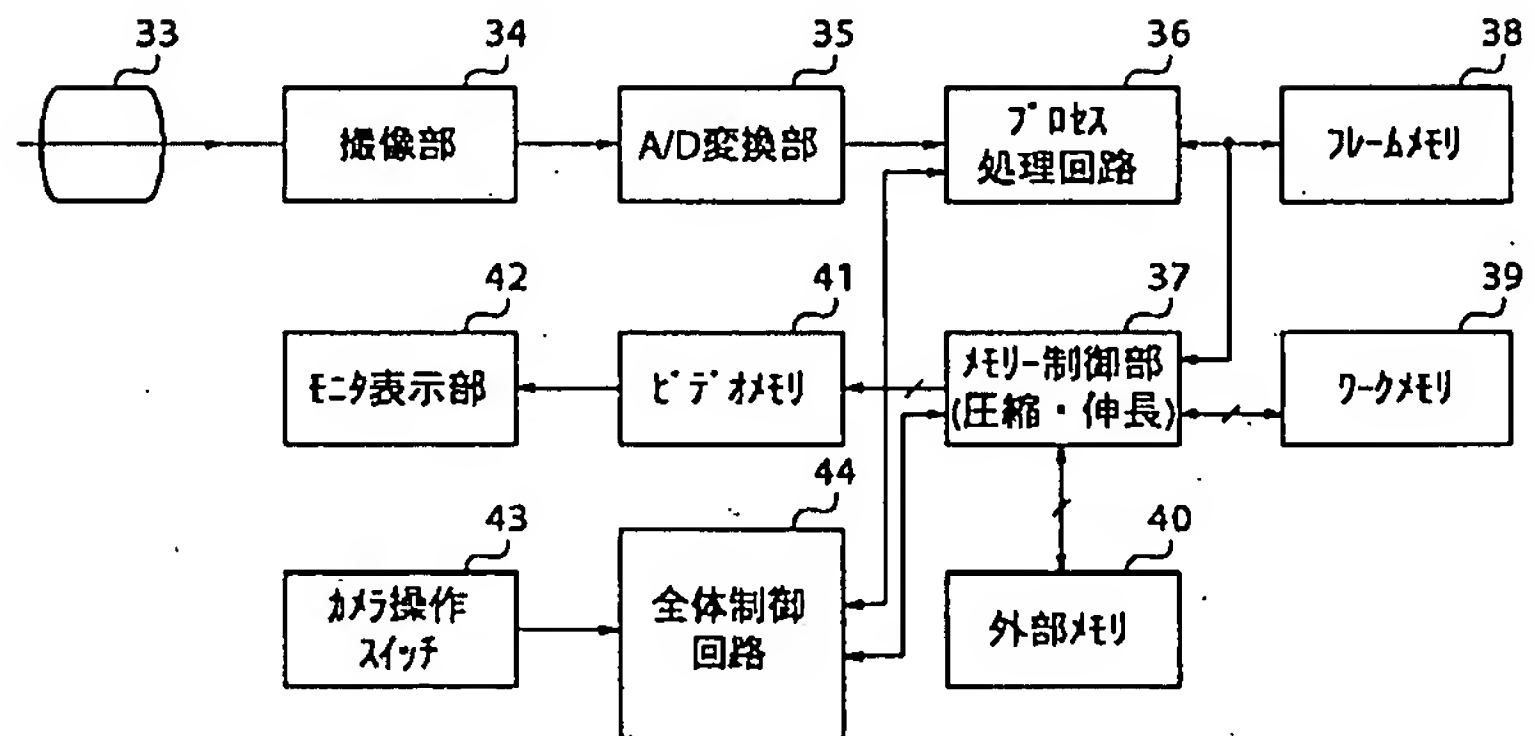
【図4】



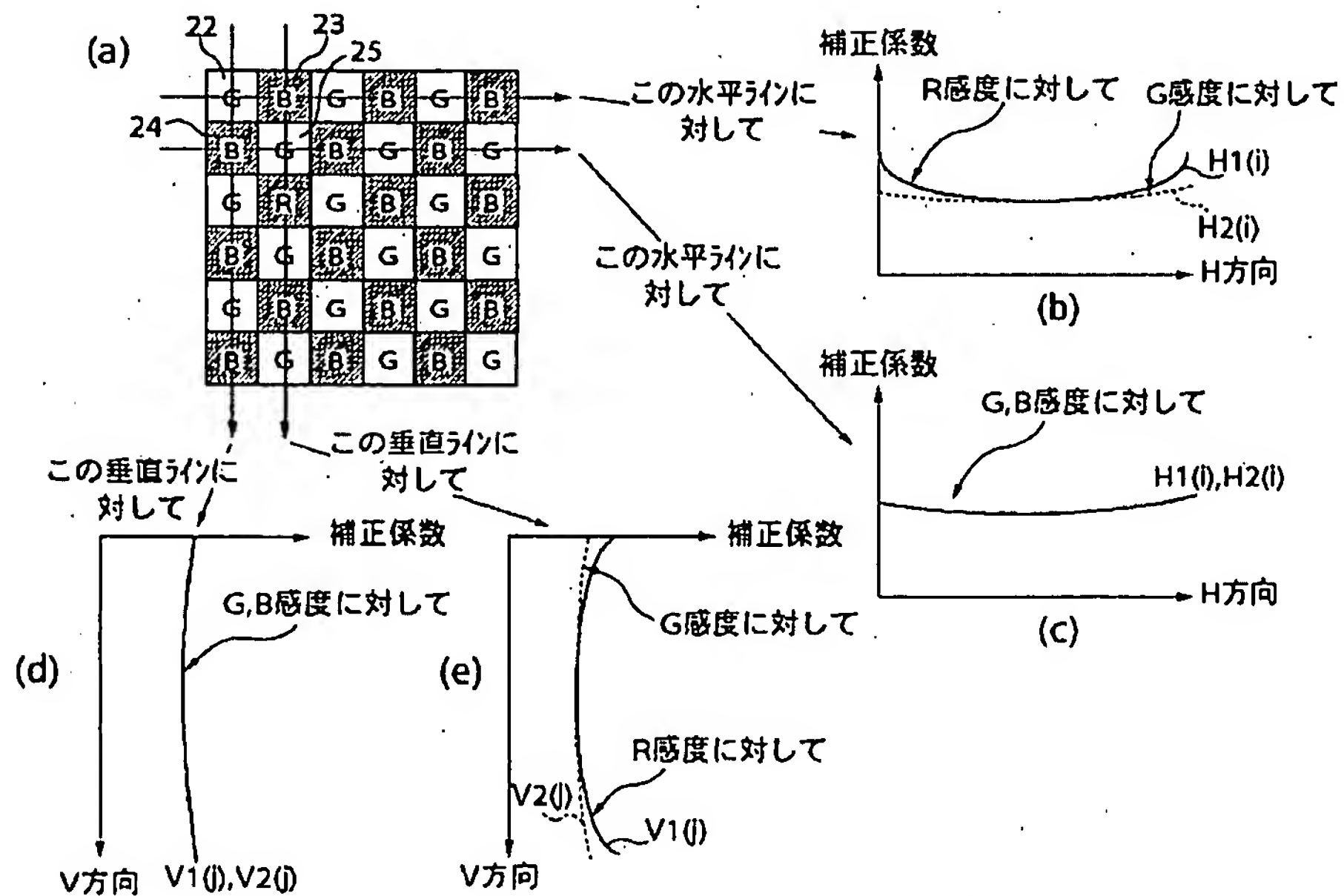
【図6】



【図10】

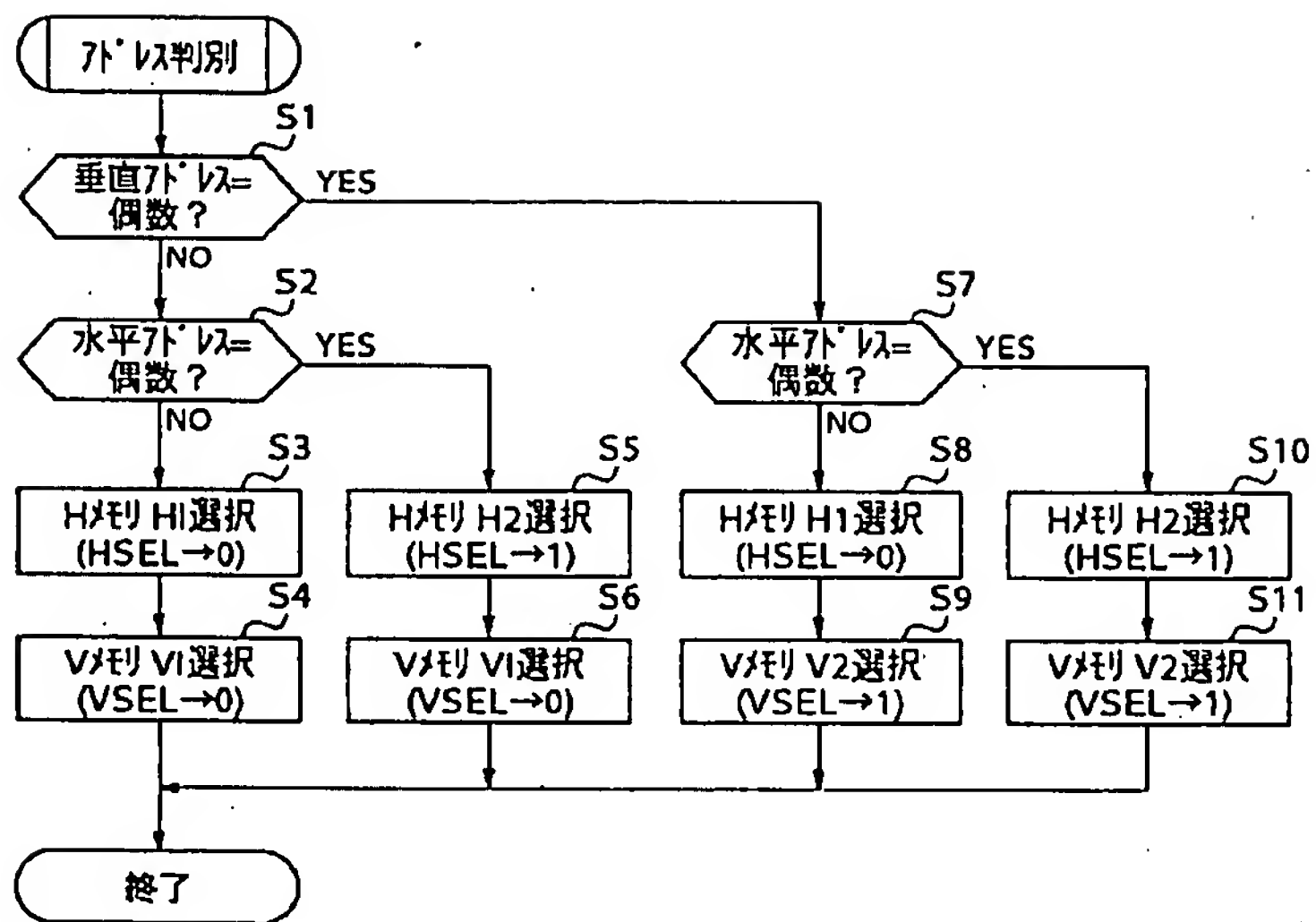


【図8】

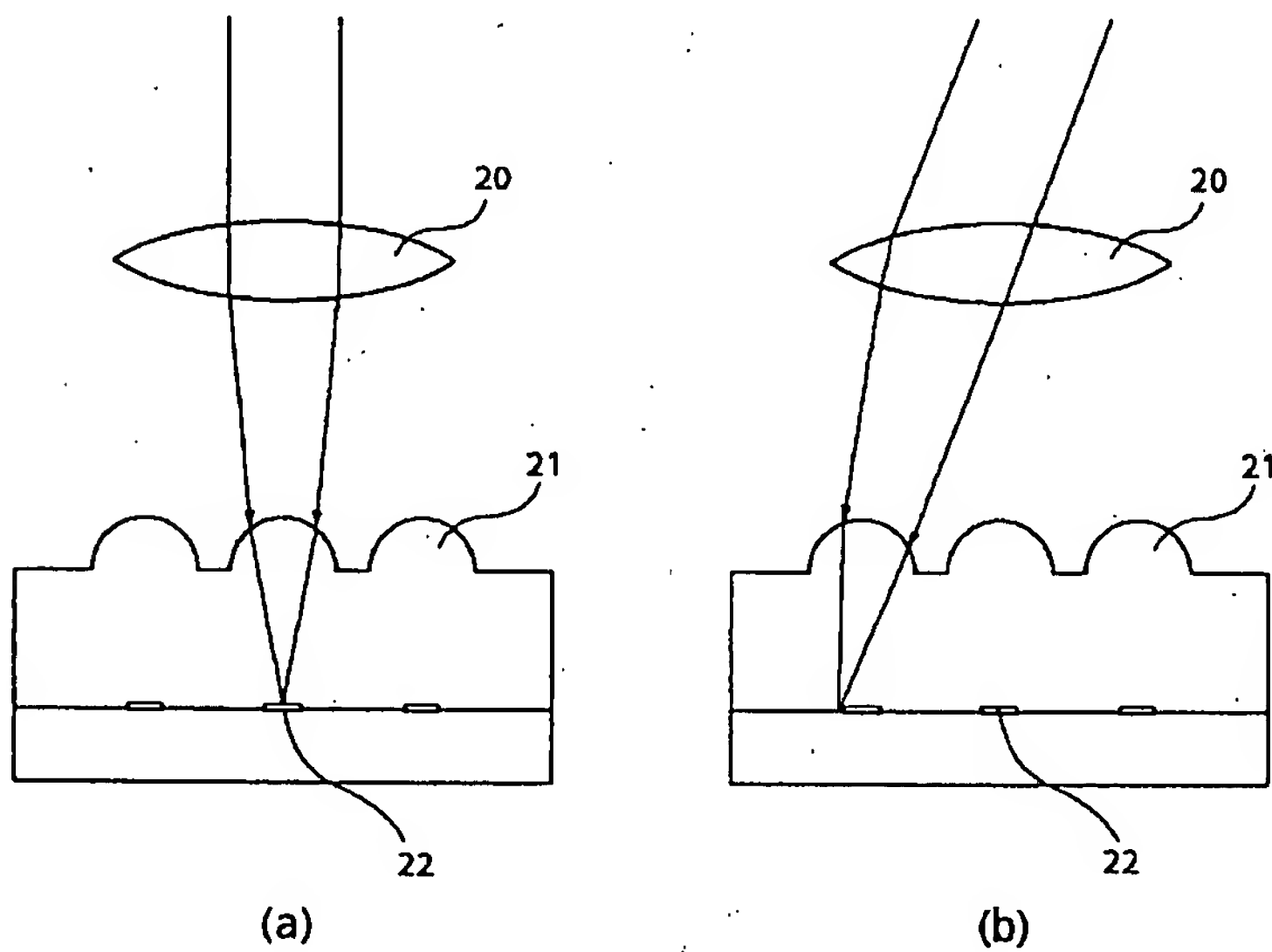




【図9】



【図11】



【図12】

